Revista del Museo de Historia Natural y Cultural

ARNALDOA

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

ISSN: 1815 - 8242
TRUJILLO
REPÚBLICA DEL PERÚ

21(2)
julio - diciembre
2014

ARNALDOA

Revista del Museo de Historia Natural y Cultural

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

ARNALDOA es una publicación de la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo, Perú, editada semestralmente por el Museo de Historia Natural. Es norma de la revista que los artículos que se publican sean juzgados previamente por árbitros que dictaminen sobre sus merecimientos.

ARNALDOA acepta manuscritos originales e inéditos en idioma español o inglés, que deben seguir los lincamientos establecidos en Instrucciones a los Autores, las que aparecen al final de cada volúmen. Se envía en canje con publicaciones similares en botánica, sistemática y evolución, ecología, diversidad biológica y cultural, o temas afines a la historia natural.

La Revista **ARNALDOA** se reserva todos los derechos legales de reproducción de su contenido.

ARNALDOA se encuentra indizada en LATINDEX (Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal); SciELO (Scientific Electronic Library Online), PERIODICA (Indice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias) y BHL (Biodiversity Heritage Library).

Las opiniones expresadas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no reflejan necesariamente los criterios del Comité Editorial de ARNALDOA

Revista del Museo de Historia Natural y Cultural

ARNALDOA

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

El Museo de Historia Natural y Cultural, es la unidad que conserva, educa, investiga y difunde los conocimientos que generan sus colecciones científicas para impulsar la valoración y comprensión de la diversidad biológica y cultural de nuestro país, a favor del desarrollo de la comunidad.

ISSN : 1815-8242
TRUJILLO
REPÚBLICA DEL PERÚ

21 (2)
Julio - Diciembre
2014

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

Dr. Víctor Raúl Lozano Ibáñez

Rector

Dr. Luis Cerna Bazán

Vicerrector Académico

Dr. Julio Chang Lam

Vicerrector de Investigación

MUSEO DE HISTORIA NATURAL Y CULTURAL

Segundo Leiva González

Director

Mario Zapata Cruz

Biólogo

Guillermo Gayoso Bazán

Arqueólogo

Luis Chang Chávez

Arquitecto

REVISTA ARNALDOA

Segundo Leiva González

Director

Mario Zapata Cruz

Editor

Michael O. Dillon

Editor Asociado

Toda correspondencia relacionada a la Revista **ARNALDOA** deberá ser dirigida a:

Revista ARNALDOA

Museo de Historia Natural y Cultural

Universidad Privada Antenor Orrego

Casilla Postal 1075

Trujillo - PERÚ Telef: (+051) 044 - 604462

museo@upao.edu.pe

Carátula: Fotografía de *Arnaldoa weberbaueri* (Asteraceae) Copyright: Segundo Leiva

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú: N° 2014-15257
ISSN: 1815 - 8242

Registro de la Propiedad Intelectual
Editado por:

© 2014 Universidad Privada Antenor Orrego

Av. América Sur N°3145
Urb. Monserrate, Trujillo - Perú
Telef. (51) 44 - 604462

Impreso en:
Impresiones Gráfica G & M S.A.C.
Jr. San Martín N° 674
Trujillo, La Libertad
Impreso en Perú - Printed in Peru

Comité Editorial

Michael O. Dillon

Department of Botany, The Field Museum, 1400 South Lake Shore Drive, Chicago, IL. 60605-2496, U.S.A., dillon@fieldmuseum.org

Jorge V. Crisci

Museo de La Plata, 1900 La Plata, Provincia de Buenos Aires, ARGENTINA. jcrisci@netverk.com.ar

Gabriel Bernardello

Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal, (CONICET-Universidad Nacional de Córdoba), Av. Vélez Sarsfield 299 Córdoba (5000), ARGENTINA. bernarde@imbiv.unc.edu.ar

Francisco Squeo

Departamento de Biología, Universidad de La Serena, casilla 599, La Serena, CHILE. fsqueo@userena.cl

Inge Schjellerup

Nationalmuseet, Forsknings-& Formidlingsafdelingen, Etnografisk Samling, Frederiksholms Kanal 12 DK 1220 Copenhagen K, DENMARK. inge.schjellerup@natmus.dk

Lars P. Kvist

Institute of Biological Sciences, University of Aarhus. Building 340. Munkegade, DK-8000, Aarhus C., DENMARK, lars.kvist@biology.au.dk

Thomas Mione

Department of Biological Sciences, Central Connecticut State University, 1615 Stanley Street, New Britain, CT 06050-4010, U.S.A. mionet@ccsu.edu

Blanca León

Plant Resources Center, University of Texas at Austin, 1 University Station F0404, Austin, TX 78712-0471, U.S.A. blanca.leon@mail.utexas.edu

Alina Freire Fierro

Botany Departament Academy of Natural Sciences, Drexel University, Philadelphia, PA 19103, U.S.A. agf36@drexel.edu

Susana Arrázola Rivero

Centro de Diversidad y Genética, Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad Mayor de San Simón, casilla de correo 538, Cochabamba, BOLIVIA. sarrazola@fcyt.umss.edu.bo

Maximilian Weigend

Institut für Biologie Systematische Botanik und Pflanzengeographie, Freie Universität Berlin, 14195, Berlin-GERMANY. weigend@zedat.fu-berlin.de

Anton Hofreiter

Ludwig-Maximilians-Universität, Department Biologie I, Bereich Biodiversitätsforschung, Abteilung Systematische Botanik, Menzingerstraße 67, D-80638 München, GERMANY. hofreiter@freenet.de

Sandra Knapp

Department of Botany, The Natural History Museum, Cromwell Road, London, SW7 5BD,UK. s.knapp@nhm.ac.uk

Reynaldo Linares Palomino

Department of Systematic Botany, Albrecht-von-Haller-Institute for Plant Sciences, University of Göttingen, Untere Karspüle 2, 37073-Göttingen, GERMANY.

Eric Rodríguez Rodríguez

Herbarium Truxillense (HUT), Universidad Nacional de Trujillo, Jr. San Martín 392, Trujillo, PERÚ, efrr@unitru.edu.pe

Pedro Lezama Asencio

Departamento Académico de Ciencias, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, PERÚ. lezama_a@hotmail.com

Pablo Chuna Mogollón

Departamento Académico de Ciencias, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, PERÚ. pchunam@upao.edu.pe

Jorge Vidal Fernández

Departamento Académico de Ciencias, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, PERÚ. jvidalf@upao.edu.pe

José González Cabeza

Departamento de Ciencias, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, PERÚ. gonzalezbiotec@hotmail.com

Víctor Quipuscoa Silvestre

Herbario HUSA, Universidad Nacional de San Agustín, Av. Daniel A. Carrión s/n, La PampillaArequipa, PERÚ. vquipuscoas@hotmail.com

Hamilton Beltrán Santiago

Museo de Historia Natural Javier Prado, Av. Arenales 1256, Jesús María, Lima, Apartado 14-0434, Lima 14, PERU. wilmersantiago@hotmail.com

Mario Benavente Palacios

Museo de Historia Natural Javier Prado, Av. Arenales 1256, Jesús María, Lima, Apartado 14-0434, Lima 14, PERÚ. mjbenaventep@yahoo.com

Eloy López Medina

Departamento de Fisiologìa Vegetal, Universidad Nacional de Trujillo, Jr. San Martín 392, Trujillo, PERÚ, elm@unitru.edu.pe

Luis Chang Chávez

Museo de Historia Natural y Cultural, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, PERÚ. lchangc@upao.edu.pe

Guillermo Gayozo Bazán

Museo de Historia Natural y Cultural, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, PERÚ. ggayoso@upao.edu.pe

Revista del Museo de Historia Natural y Cultural
ARNALDOA
UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

Volumen 21 (2): julio - diciembre, 2014

CONTENIDO / CONTENTS

Pág. Artículo Originales

259 **Una nueva especie de *Drypetes* Vahl. (Putranjivaceae) del Perú/A new species of *Drypetes* Vahl. (Putranjivaceae) from Peru**
RODOLFO VÁSQUEZ MARTÍNEZ

265 ***Browallia guzmangoa* y *Browallia longitubulata* (Solanaceae) dos nuevas especies del Norte del Perú/ *Browallia guzmangoa* and *Browallia longitubulata* (Solanaceae) two new species from Northern Peru**
SEGUNDO LEIVA GONZÁLEZ

279 ***Iochroma cachicadanum* (Solanaceae) una nueva especie del Norte del Perú/*Iochroma cachicadanum* (Solanaceae) a new species from Northern Peru**
SEGUNDO LEIVA GONZÁLEZ

295 ***Jaltomata athahuallpae* (Solanaceae) una nueva especie del Norte del Perú/*Jaltomata athahuallpae* (Solanaceae) a new species of from Northern Peru**
SEGUNDO LEIVA GONZÁLEZ, THOMAS MIONE & LEON YACHER

305 **Método alométrico para estimar el área foliar de "valeriana" (*Valeriana pilosa* Ruiz & Pav.) al estado silvestre/Allometric method for estimating leaf area of "valeriana" (*Valeriana pilosa* Ruiz & Pav.) in wild species**
JOANNA M. ROJAS MURILLO & JUAN F. SEMINARIO CUNYA

317 **Germinación de semilla botánica de *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell, utilizando cinco tratamientos pregerminativos/Germination of botanical seed of *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell, using five pre-germinatives treatments**
EINSTEIN BRAVO CAMPOS

329 **Efecto de diferentes concentraciones NPK y simbiosis con *Glomus intraradices*, sobre el contenido de proteínas solubles totales de *Plukenetia volubilis* L./ Effect of different NPK concentrations and *Glomus intraradices* symbiosis on the content of total soluble proteins in *Plukenetia volubilis* L.**
J. E. MANUEL HIDALGO RODRÍGUEZ, CYNTHIA C. RAMOS OTINIANO & MERCEDES E. CHAMAN MEDINA

343 ***Onosma* (Boraginaceae) pollen interactions with *Bombus terrestris* (buff-tailed bumblebee) species in Jordan/Interacciones del polen de *Onosma* (Boraginaceae) con la especie *Bombus terrestris* (abejorro común) en Jordania**
S. AL-QURA'N

359 **Conservation of Plant Diversity in Azraq, North eastern of Jordan/Conservación de la Diversidad de Plantas en Azraq, en el Nor este de Jordania**
S. AL-QURA'N

367 **Influencia de la concentración de Zinc del agua de mar sobre su bioacumulación en *Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh) Kützing (Rhodophyta, Gigartinaceae) Puerto Malabrigo, Ascope, La Libertad/ Influence of Zinc concentration of seawater on its bioaccumulation in *Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh) Kützing (Rhodophyta, Gigartinaceae) Puerto Malabrigo, Ascope, La Libertad**
MARLENE RENÉ RODRÍGUEZ ESPEJO

381 **Cyanobacterial species, potentially forming water-blooms in the Lake Titicaca (Peru)/ Especies cianobacteriales, formadoras potenciales de floraciones en el lago Titicaca (Perú)**
HAYDÉE MONTOYA, JARKA KOMÁRKOVÁ & JIŘÍ KOMÁREK

391 **Análisis fitoquímico preliminar y evaluación de la actividad hipoglucemiante de *Rubus floribundus Kunth* (Rosaceae) "zarzamora" / Preliminary phytochemical analysis and evaluation of hypoglycemic activity of *Rubus floribundus Kunth* (Rosaceae) "blackberry"**
FREDY ROMEL PÉREZ AZAHUANCHE, JUANA DEL CARMEN GUERRERO HURTADO, ZOILA MERCEDES ORTIZ RUBIO, FERNANDO RODRÍGUEZ ÁVALOS & GUILLERMO LEÓN APONTE

Arnaldoa 21 (2): 259 - 264, 2014 ISSN: 1815-8242

Una nueva especie de *Drypetes* Vahl. (Putranjivaceae) del Perú

A new species of *Drypetes* Vahl. (Putranjivaceae) from Peru

Rodolfo Vásquez Martínez
Estación Biológica del Jardín Botánico de Missouri c/o Herbario HOXA,
Prolongación Bolognesi Mz. E-6, Oxapampa, Pasco, PERÚ
neotaxon@yahoo.com

Resumen

Se describe e ilustra *Drypetes gentryana*, especie nueva de Putranjivaceae, procedente del Parque Nacional Yanachaga Chemillén, departamento de Pasco, Perú; también se discute sus relaciones con otras especies afines.

Palabras clave: *Drypetes*, nueva especie, Putranjivaceae, Perú.

Abstract

Drypetes gentryana, a new species of Putranjivaceae, from Parque Nacional Yanachaga-Chemillén, department of Pasco, Peru, is described and illustrated; also discusses his relationships with other species.

Keywords: *Drypetes*, sp. nov. Putranjivaceae, Peru

Introducción

El género *Drypetes* Vahl (Putranjivaceae) contiene 209 especies con nombres aceptados (The Plant List, on line) de árboles y arbustos dioicos, en su mayoría de los Trópicos del Viejo Mundo. Cerca de 17 especies conocidas se encuentran en las Américas, con la mayor diversidad en las Indias Occidentales. Sin embargo, las especies amazónicas, son poco estudiadas, con más investigación sin duda, se van a registrar muchas especies nuevas (Levin, 2013).

En la clasificación de Pax & Hoffmann (1922), el más reciente tratamiento integral disponible para el género, todas, menos tres de las especies americanas pertenecen a la sección Drypetes, Pantropical en función de su pistilo que consta de un solo carpelo [aunque Pax & Hoffmann nombraron a esta sección Hemicyclia (Wight & Arn.) Pax & K. Hoffm., contiene *Drypetes glauca* Vahl, el tipo del género, y por lo tanto, debe ser llamado *Drypetes*, como fue señalado por Airy Shaw (1969)]. Las otras tres especies tienen pistilos 2-carpelados y pertenecen a la sección Oligandrae Pax & K. Hoffm., con 3-4 (-7) estambres [*Drypetes lateriflora* (Sw.) Krug & Urb.] o sección Sphragidia (Thwaites) Pax & K. Hoffm., con 8-12 (-50) estambres (*Drypetes brownii* Standl y *Drypetes guatemalensis* Lundell.); ambas secciones también son pantropicales. Vale la pena señalar que, *Drypetes* no ha sido examinado filogenéticamente, y por lo tanto, la clasificación por Pax & Hoffmann (1922) no puede reflejar relaciones evolutivas (Levin, 1986, en Levin, 2013).

Las especies del género *Drypetes*, se reconocen en el campo porque son, arbustos o árboles dioicos, con hojas dísticas, cartáceas a coriáceas con base asimétrica, con estípulas diminutas y caducas, borde subentero, dentado o serrado, verde-grisáceas cuando secas, a veces con sabor a aceite de mostaza; las flores son fasciculadas, frecuentemente de pequeñas a medianas; frutos drupas a menudo con remanentes estigmáticos, ligeramente extendidos.

Resultados y discusión

Drypetes gentryana Vásquez, sp. nov. (Fig. 1-2)

TIPO: PERU. **Dpto. Pasco**, Prov. Oxapampa, Distrito. Palcazu. Parque Nacional Yanachaga Chemillén, Estación Biológica Paujil, Lat. 10°19’26”S, Long. 75°15’50”O, Alt. 399 m, bosque primario sobre terraza aluvial, 10-VIII-2014, (fl), *R. Vásquez 39070*, (Holótipo: HOXA, Isótipos: USM, MO).

Diagnosis

Arbores dioecius, glaberrima, ramulis angulatis, folia elliptica, basi oblique, apice glandulosis, margine glandulosis serrulatis, floribus masculis axillaribus, tepala 4, stamina 8.

Árboles dioicos, hasta 18 m de alto, con pequeñas raíces tablares, fuste recto, corteza externa conspicuamente lenticelada, corteza interna blanca y con incrustaciones amarillentas. Ramitas terminales ligeramente flexuosas, cuadrangulares con las aristas romas, ligeramente acanaladas longitudinalmente, densa y diminutamente marrón-pubescentes a glabrescentes, cubiertas con lenticelas diminutas. **Hojas** simples, alternas, cartáceas a coriáceas, estrechamente elípticas, raramente estrechamente ovado-elípticas, (11-) 16-22 (-30) x (3-) 4.5-6.0 (-8.5) cm, ápice acuminado, el acúmen 0.5-1.5 cm de largo, terminado en un callo glanduloso discoloro y engrosado formando un pequeño canal al final del ápice, base conspicuamente desigual, el lado menor hacia la base de la ramita y el lado mayor hacia el ápice de la ramita, auriculado y a veces traslapando el pecíolo, vena media plana a ligeramente prominente por el haz y prominente por el envés, venas secundarias planas por el haz y ligeramente prominentes por el envés, 9 - 12 (-14) pares, arqueadas hacia el borde y recorriendo muy cerca del margen pero sin tocarlo, anastomosándose entre sí solo al final de su recorrido, con algunas venas inter-secundarias muy cortas; haz glabro y brillante, envés opaco, diminutamente marrón-puberulento, indumento denso o disperso, principalmente sobre las venas principales; borde serrulado-glandular, los dientes diminutos, otras veces conspicuos, espaciados entre sí; algunas veces el margen parcialmente revoluto, dando a la hoja forma convexa por el haz; pecíolos 4-10 (-12) mm de largo, hasta 4.5 mm de diámetro, densa- y diminutamente marrón-puberulento. **Inflorescencias** axilares o supra-axilares, las estaminadas, con 10-30 flores, botones globosos con brácteas diminutas en la base, cubiertos con indumento diminuto y denso, pedicelos 4-6 mm de largo; tépalos 4, imbricados, verde-amarillentos, diminutamente puberulentos por fuera y con cilios diminutos en hacia el ápice, los externos, ovados a oblongo-elípticos, 4.5-5.5 x 3.5-4.5 mm, los internos oblongos a obovados, 5.0-6.5 x 3.0-4.0 mm, androceo con 8 estambres, anteras oblongas a ovado-oblongas, 1.3 x 1.2 mm, con dehiscencia longitudinal, filamento robusto y corto, hasta 1 mm de largo; flores pistiladas y frutos no vistos.

Drypetes gentryana, es claramente distinta a las otras especies americanas, por sus hojas con la base conspicuamente desigual, el lado menor hacia la base de la ramita y el lado mayor hacia el ápice de la ramita, auriculado y a veces traslapando el pecíolo, con venas secundarias prominentes por el envés, las flores masculinas con 4 tépalos, los externos, ovados a oblongo-elípticos, 4.5-5.5 x 3.5-4.5 mm, los internos oblongos a obovados, 5.0-6.5 x 3.0-4.0 mm. Las otras especies registradas para el Perú son: *Drypetes amazonica* var. *peruviana* J. F. Macbr., y *Drypetes variabilis* Uittien, que tienen hojas con bases ligeramente asimétricas pero nunca auriculadas y las venas secundarias son planas en ambas caras y poco conspicuas; las flores con los tépalos menores que 3.5 mm de largo.

Distribución y ecología: Esta especie de *Drypetes* es conocida únicamente, del lado este de la cordillera Yanachaga, dentro del Parque Nacional Yanachaga Chemillén, en áreas prístinas de bosque húmedo tropical, a 399 m de elevación; ha sido colectada con flores en agosto.

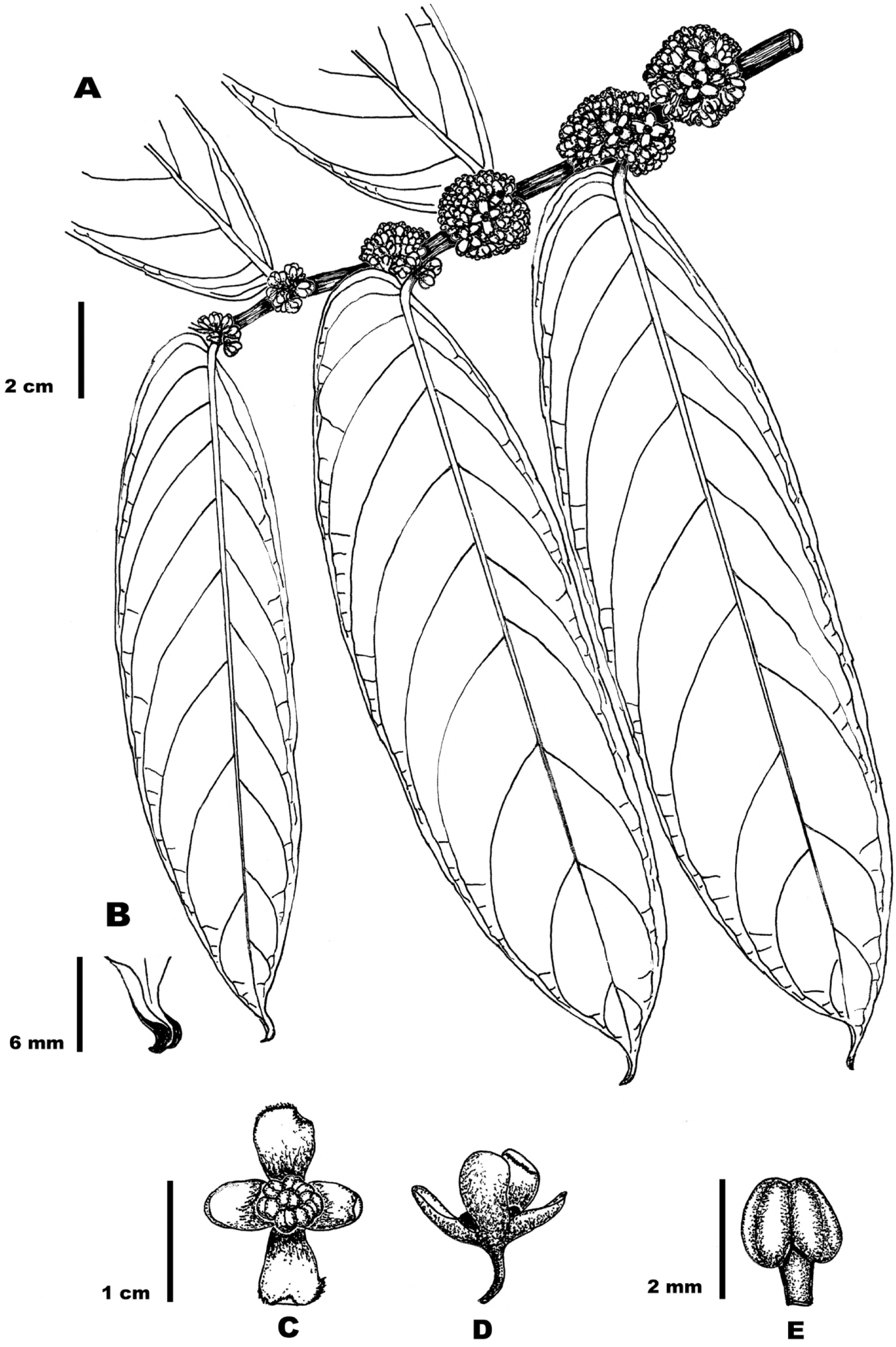


Fig. 1. ***Drypetes gentryana*** Vásquez. A. Rama florífera; B. Ápice de la hoja; C. Flor en antésis; D. Flor en vista lateral; E. Antera. (Dibujado de R. Vásquez, 39070, HOXA).

Fig. 2. ***Drypetes gentryana*** Vásquez. A. Rama florífera; B. Flores en antésis. (Fotos de R. Vásquez, 39070, HOXA).

Estado de conservación. Siendo que hasta la fecha, es solo conocido de la localidad tipo y ésta, se localiza dentro del Parque Nacional Yanachaga Chemillén, por el momento, no corre ningún riesgo. De otro lado, en caso de ser registrada fuera de las ANPEs, debido a que no alcanza diámetros considerados para la extracción de madera, no estaría amenazada por la extracción maderera; sin embargo, aún queda la amenaza latente que afecta a la gran mayoría de las especies, que es la fragmentación y destrucción de los hábitats.

Etimología. El epíteto específico aduce al apellido de Alwyn H. Gentry, botánico y ecólogo que contribuyó extraordinariamente al estudio de la diversidad y la conservación de las plantas tropicales. *Drypetes gentryana* es un modesto tributo y reconocimiento a las contribuciones de un científico singular, colega, mentor y amigo.

Agradecimientos

Mi agradecimiento al Missouri Botanical Garden (MO), al Herbario San Marcos (USM) y al Herbario Selva Central (HOXA), por el acceso a las colecciones; al Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP), por las facilidades brindadas al concedernos las respectivas autorizaciones de investigación en la Selva Central.

Literatura citada

http://www.theplantlist.org/browse/A/Putranjivaceae/*Drypetes*/

Levin, G. A. 2013. A synopsis of the New World species of *Drypetes* section Drypetes (Putranjivaceae) with asymmetrical fruits, including description of a new species. PhytoKeys 29: 75-87.

Arnaldoa 21 (2): 265 - 278, 2014 ISSN: 1815-8242

Browallia guzmangoa y *Browallia longitubulata* (Solanaceae) dos nuevas especies del Norte del Perú

Browallia guzmangoa and *Browallia longitubulata* (Solanaceae) two new species from Northern Peru

Segundo Leiva González
Museo de Historia Natural, Universidad Privada Antenor Orrego. Casilla Postal 1075, Trujillo, Perú.
Segundo_leiva@hotmail.com/cleivag@upao.edu.pe

Resumen

Se describen e ilustran en detalle *Browallia guzmangoa* S. Leiva y *Browallia longitubulata* S. Leiva (Solanaceae) dos nuevas especies del Norte del Perú. *B. guzmangoa* es propia de la travesía Guzmango-La Pampa, alrededor de los 2571 m de elevación, Distrito Guzmango, Prov. Contumazá, Dpto. Cajamarca, Perú, se caracteriza principalmente por la disposición de las flores solitarias, el indumento de sus órganos florales, estilo incluso, cápsula cónica con 92-98 semillas poliédrica, reniformes y angulosas con el epispermo reticulado-foveolado. *B. longitubulata* propia de arriba de Chagual (ruta Chagual-Aricapampa), Distrito Aricapampa, Prov. Sánchez Carrión, Dpto. La Libertad, Perú, alrededor de los 1565 m de elevación, presenta el tubo de la corola de 8,5-10 cm de largo por 0,2-0,5 cm de diámetro, limbo de la corola 28-30 mm (entre el lóbulo mayor y los lóbulos inferiores) y 27-29 mm (entre los lóbulos laterales) de diámetro en la antésis, tubo calicino 12,5-13 mm de largo por 6-6,5 mm de diámetro, cápsula elíptica con 175-185 semillas poliédricas, oblongas y algunas reniformes con epispermo reticulado-foveolado, hierbas anuales de 30-60 cm de alto con los tallos jóvenes rodeados por una densa cobertura de pelos eglandulares y glandulares transparentes. Se incluyen datos sobre su distribución geográfica y ecología, fenología, estado actual y sus relaciones con otras especies afines.

Palabras clave: *Browallia*, especies nuevas, Solanaceae, Norte del Perú.

Abstract

Two new species *Browallia guzmangoa* S. Leiva and *Browallia longitubulata* S. Leiva (Solanaceae) from Northern Peru are described and illustrated. *B. guzmangoa* inhabits Guzmango-La Pampa track, around from 2571 m high, both belonging to Guzmango District, Contumazá Province, Cajamarca Department, Peru. Is characterized mainly by its solitary flowers arrangement, its floral indumentums, included style, conically capsule with 92-98 seeds, which have reticulate-foveolate testa. *B. longytubulata* Chagual to Aricapampa road, Aricapampa District, Sanchez Carrion Province, La Libertad Department, Peru, 1565 m, is characterized by tube corolla 8,5-10 cm length by 0,2-0,5 cm diam, limb corolla 28-30 mm (both lobe uppermost sligtly and lobe basically) and 27-29 mm (both lobes lateraly), diam during anthesis, tube calyx 12,5-13 mm length and 6-6,5 mm diam, capsule elliptic with 175-185 seed per capsule polyedric, oblong and reniform, herb annual 30-60 cm tall with stem branched coverd by eglandular and glandular trichomes. Data regarding geographic distribution, ecology, phenology, conservation status, and its similarities with other species.

Keywords: *Browallia*, sp. nov., Solanaceae, Northern Peru.

Introducción

El género *Browallia* L. fue fundado por C. Linné en Sp. Pl. 2:631. 1753; Gen. Pl. ed. 5: 278. 1754, con la especie tipo: *B. americana,* pertenece a la familia Solanaceae, subfamilia Cestroideae Burnett, tribu Browallieae Kustel, según Hunziker 2001; ratificado en la reciente filogenia molecular de la familia propuesta por Olmstead *et al.* (2008), este género junto con *Streptosolen* Miers quedan dentro de un pequeño clado que conforma la tribu Browallieae, tal como Olmstead *et al* indica: "*…The molecular analysis confirms this view uniting Browallia and Streptosolen in a well-supported clade (100%)*". Es un género Neotropical que consta de pocas especies (10-12 especies), las cuales han sido estudiadas aisladamente por varios autores entre los que destacan: Macbride (1962), al tratar la familia Solanaceae en su obra: "Flora of Peru", así como, Dios (1977) en su trabajo: "Especies peruanas del género *Browallia* (Solanaceae)" describen 7 especies. Engler (1964) considera 8 taxones. Soukup (1977) menciona: "*…pequeño género con 5-6 especies de América Central y del sur*

del Perú dos". Hunziker (1979) reconoce para el mundo dos especies: *B. americana* L. y *B. speciosa* HooK. Sagástegui & Dios (1980) incrementan una especie más: *B. acutiloba* Sagást. & O. Dios. D'Arcy (1991) sostiene, que el género solamente consta de las tres últimas especies. Bracko & Zarucchi (1993) en su obra: "Catálogo de las Angiospermas y Gimnospermas del Perú", en la página 1100 nombran 4 especies para Perú, a saber: *B. abbreviata* Benth., *B. acutiloba* Sagást. & O. Dios, *B. americana* L. y *B. speciosa* Hook. Ese mismo año, Van Devender & Jenkins (1993) publican *B. eludens* Van Devender & Jenkins, que habita en Santa Cruz, Arizona, al sureste de los Estados Unidos y noroeste de México. Dos años después, Leiva (1995) inicia sus estudios en el género, y publica una nueva especie: *B. mirabilis* S. Leiva, que habita en ruta al Bosque El Chaupe y Estrella del Oriente, Prov. San Ignacio, Dpto. Cajamarca, Perú, la cual, está nombrada en la pág. 194 de la obra titulada: Diez años de adiciones a la flora del Perú: 1993-2003, publicada por Ulloa *et al.*, 2004. Hunziker (2001) en su obra: "Genera Solanacearum en la pág. 88 indica: "*…posiibly it has six species…*" nombra 4, a saber: *B. americana* L., *B. demissa* L., *B. grandiflora* Graham & *B. speciosa* Hook. Luego, Limo *et al.*, 2007 dan a conocer una nueva especie: *B. dilloniana* Limo, K. Lezama & S. Leiva, que habita en el Distrito Salpo, Prov. Otuzco, Dpto. La Libertad, Perú. Recientemente, Leiva *et al.*, 2010, publican una nueva especie: *B. sandrae* S. Leiva, Farruggia & Tepe, que habita en el lugar denominado El Balconcito, ruta El Algarrobal-San Benito, Distrito San Benito, Prov. Contumazá, Dpto. Cajamarca, Perú. Ultimamente, S. Leiva (2013) publica *B. salpoana* S. Leiva, que habita en el Cerro Ragash, Distrito Salpo, Prov. Otuzco, Dpto. La Libertad, Perú. Recientemente S. Leiva (2014) publica *B. amicora* S. Leiva y *B. coalita* S. Leiva ambas crecen en el Distrito Guzmango, Prov. Contumazá, Dpto. Cajamarca, Perú. Por estos antecedentes, considero que el género necesita más observaciones de campo, estudios citogenéticos y moleculares, para poder delimitar las especies y preparar la monografía correspondiente.

El género se distribuye desde el Sur de Arizona (U.S.A.), México, América Central, así como Las Antillas y los Andes de Sudamérica hasta Bolivia (Hunziker, 2001). Las especies del Norte del Perú, habitan desde los 20 m hasta los 3750 m de elevación en las altas montañas, formando parte del estrato herbáceo asociadas con arbustos y árboles.

Recientes excursiones al Norte del territorio peruano, especialmente a los Dptos. Cajamarca y La Libertad, puso una vez más en evidencia poblaciones de dos especies de *Browallia* que me llamó la atención por sus particularidades floríferas y fructíferas y que difieren de las especies ya conocidas. Dar a conocer estas nuevas entidades, es el principal aporte y objetivo de este trabajo.

Material y métodos

El material estudiado corresponde a las recolecciones efectuadas en estos últimos años por S. Leiva & M. Leiva (HAO), J. Jara (MOL) y S. Knapp & E. McAlister (NHM) en las diferentes expediciones realizadas a la ruta desde el Puente San Benito hacia el pueblo de Guzmango, pasando por la Travesía de Yetón, Distrito Guzmango, Prov. Contumazá, Dpto. Cajamarca, Perú, alrededor de los 2571 m de elevación y arriba de Chagual (ruta Chagual-Aricapampa), Distrito Aricapampa, Prov. Sánchez Carrión, Dpto. La Libertad, Perú, alrededor de los 1565 m de elevación, a fin

de obtener colecciones botánicas intensivas para la realización de la monografía del género *Browallia*. Las colecciones se encuentran depositadas principalmente en los Herbarios: CCSU, CORD, F, HAO, HUT, MO, NHM, NY, USM. Se fijó material en líquido (alcohol etílico al 30% o AFA), para realizar estudios en detalle de los órganos vegetativos y reproductivos, asimismo, para la elaboración de las ilustraciones respectivas. Las descripciones están basadas en caracteres exomorfológicos, que se tomaron *in situ*; se presentan también, fotografías, datos de su distribución geográfica y ecología, fenología, estado actual y su discusión con las especies afines.

Los acrónimos de los herbarios son citados según Thiers (2013).

Resultados y discusión

1. Browallia guzmangoa S. Leiva sp. nov. (Fig. 1-2)

TIPO: PERÚ. **Dpto. Cajamarca**, Prov. Contumazá, Distrito Guzmango, Desvío Guzmango-La Pampa. 7° 23′ 42,0″S, 78° 54′ 07,7″W. 2571 m, 1-VI-2014. *S. Leiva, S. Knapp & E. McAlister 5698* (Holótipo: HAO; Isótipos: CORD, F, HAO, MO, NHM, USM).

Diagnosis

Browallia guzmangoa is similar to its sister species *Browallia amicora* S. Leiva (see Leiva, 2014a). It has 43-48 seeds per capsule, corolla limb 23-24 mm (between major or upper lobe and lateral lobes) or 20-21 mm (between lateral lobes) in diameter at anthesis, corolline tube 17-17,5 mm long and 12-13 mm in diameter.

Hierba anual, 10-15 (-60) cm de alto, tallos únicos o laxamente ramificados. **Tallos** viejos rollizos, verdes, suculentos, compactos, sin lenticelas, ciliados rodeados por una densa cobertura de pelos eglandulares transparentes, sin agrietamientos longitudinales, 1,5-3 mm de diámetro en la base; tallos jóvenes rollizos a veces 2-costado la superficie adaxial, lilacino la superficie adaxial, verde la superficie abaxial, compactos, sin lenticelas, ciliados rodeados por pelos eglandulares transparentes largos multicelulares las dos costillas en la superficie. **Hojas** alternas; peciolo semirrollizo, púrpura-intenso, pubescente rodeado por una cobertura de pelos eglandulares transparentes multicelulares largos, 0,6-0,8 mm de longitud; lámina ovada, membranácea, verde vinoso o púrpura el 1/4 basal la nervadura principal la superficie abaxial, glabrescente rodeado por una cobertura de pelos eglandulares transparentes en ambas superficies, mayor densidad sobre las nervaduras principales y secundarias en la superficie abaxial, aguda en el ápice, redondeada en la base, entero en los bordes, 2,4-2,5 (-4,3) cm de largo por 1,9-2 (-2,4) cm de ancho. **Flores** solitarias por nudo; pedúnculo rollizo o filiforme ampliándose ligeramente hacia el área distal, lilacino la superficie adaxial, verde la superficie abaxial, pubescente rodeado por una densa cobertura de pelos glandulares (transparente el pie, amarillo la cabeza glandular), 4-4,2 mm de longitud. Cáliz tubular ampliándose gradualmente hacia el área distal, verdo-amarillento, verde-oscuro las nervaduras principales y secundarias externamente, verdoso interiormente, pubescente rodeado por una densa cobertura de pelos glandulares (púrpura o lila-intenso el pie, amarillo la cabeza glandular) externamente, glabro interiormente, suculento o papiráceo, erecto, abruptamente sobresalientes las nervaduras principales y secundarias, 6,5-7 mm de diámetro del limbo en la antésis; 5-lobulado, lóbulos triangulares, verde, verde-oscuro

las nervaduras principales y secundarias externamente, verdoso interiormente, pubescentes rodeados por una cobertura de pelos glandulares (púrpura-intenso el pie, amarillo la cabeza glandular) externamente, glabro interiormente, ciliados rodeados por una cobertura de pelos glandulares (púrpura-intenso el pie, amarillo la cabeza glandular) en los bordes, suculentos, rectos, nunca revolutos y ligeramente rotados, abruptamente sobresalientes las nervaduras principales y secundarias externamente, 3-3,5 mm de largo por 1,5-1,7 mm de ancho; tubo calicino 4,5-4,7 mm de largo por 3-3,2 mm de diámetro. Corola hipocrateriforme con una joroba en el ¼ distal del tubo corolino al nivel longitudinal del lóbulo mayor, ligeramente urceolado o ventricoso el ¼ basal, zigomorfa, púrpura o vinoso-intenso los ¾ distales cremoso el ¼ basal externamente, cremoso con unas pintas amarillas y blancas la garganta interiormente, pubescente rodeado por una cobertura de pelos eglandulares transparentes los ¾ distales, glabro el ¼ basal externamente, piloso o ciliado rodeados por pelos eglandulares transparentes interiormente, membranácea a veces ligeramente suculenta, sobresalientes las nervaduras principales y secundarias, 13-13,3 mm (entre el lóbulo mayor y los lóbulos inferiores) y 13,2-13,8 mm (entre los lóbulos laterales) de diámetro del limbo en la antésis; 5-lobulado, lóbulos heteromórficos, rotados; un lóbulo mayor o superior ligeramente ovado, emarginado en el ápice, membranáceo, morado-intenso externa e interiormente, sobresalientes las nervaduras principales externamente, glabrescente rodeado por una cobertura de pelos eglandulares transparentes externamente, glabro interiormente, glabro en los bordes, membranáceo, aplanado, nunca revoluto, sobresalientes las nervaduras principales, 4,8-5 mm de largo por 6-6,5 mm de ancho; dos lóbulos laterales ligeramente ovados, emarginados o escotados en el ápice, membranáceos, morado-intenso externa e interiormente, glabrescentes rodeados por una cobertura de pelos eglandulares transparentes externamente, glabro interiormente, glabro en los bordes, membranáceos, aplanados nunca reflexos, nunca revolutos, sobresalientes las nervaduras principales externamente, 2,9-3 mm de largo por 4,5-5 mm de ancho; dos lóbulos inferiores ligeramente oblongos o cuadrados, emarginados o escotados en el ápice, morado-intenso externa e interiormente, glabrescente rodeados por una cobertura de pelos eglandulares transparentes externamente, glabro interiormente, glabro en los bordes, membranáceos, aplanados, nunca reflexos, nunca revolutos, sobresalientes las nervaduras principales, 2-2,5 mm de largo por 4,8-5 mm de ancho; tubo corolino 7,5-7,8 mm de largo por 4-4,5 mm de diámetro al nivel de la garganta. Estambres 4, didínamos, inclusos, conniventes dos a dos, insertos en los 3/4 distales del interior del tubo corolino; dos estambres superiores con anteras heteromóficas, las fértiles sub reniformes, cremosas, blanquecinas las suturas, amarillo el conectivo, sin mucrón apical, glabras, 0,7-0,9 mm de largo por 0,5-0,6 mm de diámetro; anteras estériles o abortadas sub reniformes, blancas, blanco-cremoso las suturas, amarillo el conectivo, sin mucrón apical, glabras, 0,3-0,4 mm de largo por 0,2-0,3 mm de diámetro; filamentos estaminales libres compresos, curvados, espatulados disminuyendo gradualmente hacia el área basal, verdoso, isomórficos, pubescentes rodeados por una densa cobertura de pelos eglandulares transparentes en toda su longitud externamente, glabros interiormente, 1,5-

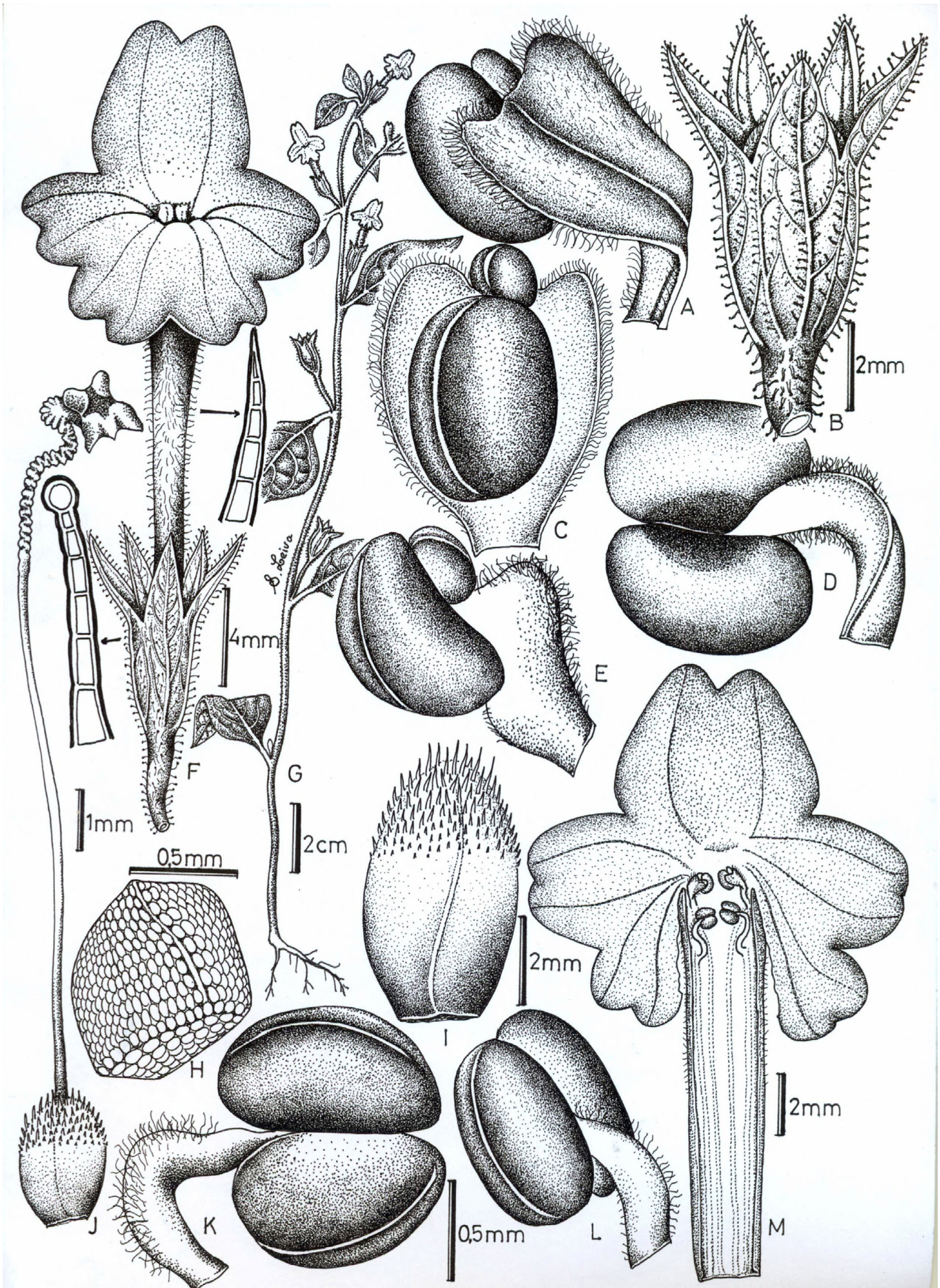


Fig. 1. ***Browallia guzmangoa*** S. Leiva. A. Antera heteromórfica en vista dorsal; B. Fruto; C. Antera heteromórfica en vista ventral; D. Antera isomórfica en vista dorsal; E. Antera heteromórfica en vista lateral; F. Flor en antésis; G. Rama florífera; H. Semilla; I. Cápsula; J. Gineceo, K. Antera isomórfica en vista ventral; L. Antera isomórfica en vista lateral; M. Corola desplegada (Dibujos de S. Leiva, S. Knapp & E. McAlister 5698, HAO y NHM).

Fig. 2. ***Browallia guzmangoa*** S. Leiva. A-B. Ramas floríferas; C. Hoja; D. Inflorescencia; E. Flor en antésis; F. Frutos. (Fotografías de S. Leiva, S. Knapp & E. McAlister 5698, HAO y NHM).

1,6 mm de largo por 1-1,2 mm de ancho; área soldada semirrolliza o aplanada, cremosa, ciliado rodeado por una cobertura de pelos eglandulares transparentes en toda su longitud; dos estambres inferiores con anteras isomórficas, fértiles, oblangas, amarillas, blanco-cremoso las suturas, amarillo-intenso el conectivo, sin mucrón apical, glabras, 0,9-1 mm de largo por 1,2-1,3 mm de diámetro; filamentos estaminales libres homodínamos, depresos, lineares, ligeramente torcidos, geniculados el área distal, amarillentos, rodeados por una densa cobertura de pelos eglandulares transparentes los ¾ distales externamente, glabro interiormente, 1,5-2 mm de largo por 0,1-0,2 mm de ancho; área soldada semirrolliza o aplanada, cremosa, ciliado rodeado por una cobertura de pelos eglandulares transparentes en toda su longitud, 5,5-5,7 mm de longitud. Ovario oblongo, verde, sin disco nectarífero, suculento, rodeado por una densa cobertura de pelos eglandulares transparentes rígidos o erectos la 1/2 distal, néctar transparente, 2-2,2 mm de largo por 1,5-1,7 mm de diámetro; estilo incluso, filiforme los ¾ basales, arrugado y geniculado el 1/4 distal, erecto, cremoso, glabro, 12-12,5 mm de longitud; estigma umbraculífero, tetralobulado, 4 cavidades (dos en la superficie adaxial y dos en la superficie abaxial), verde-oscuro el área media, amarillento el área marginal o bordes la superficie adaxial, verdoso la superficie abaxial, glabro, 1-1,3 mm de largo por 1,4 -1,5 mm de diámetro. **Cápsula** erecta, cónica, verde a la inmadurez, 2-valvada, rodeada por una cobertura de pelos eglandulares transparentes rígidos el ¼ distal, 6-6,3 mm de largo por 3,5-3,7 mm de diámetro; cáliz fructífero persistente, acrescente que envuelve ajustadamente a la cápsula hasta el 90-95 % de su longitud basal, lóbulos erectos ligeramente estrellados, 7-7,2 mm de largo por 6-6,2 mm de diámetro. **Semillas** 92-98 por cápsula, poliédricas, algunas reniformes, frágiles, marrón-claro, glabras, epispermo reticulado-foveolado, 0,8-0,9 mm de largo por 0,7-0,8 mm de diámetro.

Material adicional examinado

PERÚ, **Dpto. Cajamarca**, Prov. Contumazá, Distrito Guzmango, travesía Guzmango-La Pampa, 7° 23′ 42,0″S, y 78° 54′ 07,7″W. 2571 m, 19-IV-2014. *S. Leiva & M. Leiva 5635* (CORD, F. HAO, MO, NHM, NY, USM).

Browallia guzmangoa es afín a su especie hermana *Browallia amicora* S. Leiva (ver Leiva, 2014a) que habita en la travesía Guzmango-La Pampa, Distrito Guzmango, Prov. Contumazá, Dpto. Cajamarca, Perú, alrededor de los 2571 m de elevación, porque ambas tienen la corola púrpura o morado-intenso los ¾ distales, cremoso el ¼ basal externamente, pubescente rodeada por una cobertura de pelos eglandulares transparentes los ¾ distales, glabro el ¼ basal externamente, lóbulos del limbo de la corola emarginados en el ápice, ovario oblongo a ovado piloso rodeado por una cobertura de pelos eglandulares la ½ distal, anteras isomórficas oblongas amarillas, cáliz pubescente rodeado por una cobertura de pelos glandulares (púrpura, lila o transparentes el pie, amarillo la cabeza glandular) externamente, lámina de las hojas glabrescente rodeado por una cobertura de pelos eglandulares transparentes en ambas superficies. Pero, *Browallia guzmangoa* presenta 92-98 semillas por cápsula, limbo de la corola 13-13,2 mm (entre el lóbulo mayor o superior y los lóbulos inferiores) o 11,5-11,7 mm (entre los lóbulos laterales) de diámetro durante la antésis, tubo corolino 7,5-7,8 mm de largo por 4-4,5 mm de diámetro. En cambio, *Browallia amicora*

tiene 43-48 semillas por cápsula, limbo de la corola 23-24 mm (entre el lóbulo mayor o superior y los lóbulos laterales) o 20-21 mm (entre los lóbulos laterales) de diámetro durante la antésis, tubo corolino 17-17,5 mm de largo por 12-13 mm de diámetro.

Distribución y ecología: Especie con distribución restringida y aparentemente endémica en la zona de recolección en donde es relativamente abundante. A pesar de haberse efectuado recolecciones en áreas aledañas solamente se ha encontrado en los alrededores del pueblo de Guzmango y, especialmente en la travesía de Guzmango-La Pampa, Distrito Guzmango, Prov. Contumazá, Dpto. Cajamarca, Perú, alrededor de los 2571 m de elevación y a 7º 23′ 42,0″S, y 78º 54′ 07,7″W como un integrante de la vegetación herbácea y arbustiva en los bordes de las carreteras, caminos, chacras y acequias; prefiere suelos arcillosos con tierras negras y con abundante humus, asociada con: *Iochroma stenanthum* S, Leiva, Quip. & N. W. Saywer, *Iochroma cornifolium* (Kunth) Miers "campanilla", *Iochroma rubicalyx* S. Leiva & Jara "lusaque", *Lycianthes jelskii* (Zahlbr.) Bitter, *Jaltomata Cajamarca* Mione "canamuela" (Solanaceae), *Eucalyptus amigdalina* Labill. "eucalipto" (Myrtaceae), *Zea mays* L. "maíz" (Poaceae), *Viguiera weberbaueri* S. F. Blake "zuncho", *Bidens pilosa* L. "cadillo" (Asteraceae), *Calceolaria utricularioides* Benth. "globitos" o "zapatitos" (Calceolariaceae), entre otras

Fenología: Es una especie herbácea, que brota después de las lluvias de invierno, para luego florecer y fructificar desde el mes de abril hasta junio.

Estado actual: Utilizando los criterios del IUCN (IUCN 2012) *Browallia amicora* es considerada en peligro crítico (CR). La extensión de su rango de distribución es de un radio menor a 100 km^2 alrededor del pueblo de Guzmango, siendo ésta la única localidad donde se ha encontrado (Criterio B1). Asimismo, se han encontrado menos de 200 individuos maduros en la población (Criterio D), siendo influenciada directamente por el centro urbano de Guzmango. Sin embargo, no se ha evaluado si existe una declinación del rango de distribución y del área de ocupación, siendo de necesidad un estudio en profundidad de la ecología, estructura poblacional y distribución de esta especie para esclarecer su estado de conservación.

Etimología: El epíteto específico hace alusión al Distrito de Guzmango, que entre sus valles, cerros, quebradas y bosques relictos, guardan una extraordinaria diversidad biológica y cultural que aún necesitan más estudios.

2. Browallia longitubulata S. Leiva sp. nov. (Fig. 3)

TIPO: PERÚ. **Dpto. La Libertad**, Prov. Sánchez Carrión, arriba de Chagual (ruta Chagual-Aricapampa), 1565 m, 5-IX-1998. *S. Leiva & J. Tarrillo 2233* (Holótipo: HAO; Isótipos: CORD, F, HAO, MO).

Diagnosis

Browallia longitubulata is similar to its sister species *Browallia mirabile* S. Leiva (see Leiva, 1995), but it can be distinguished by the straight corolline tube 8,5-10 cm long and 0,2-0,3 cm in diameter, white corolla limb 28-30 mm in diameter at anthesis, ovary hirsute pilose in the ¼ distal, elliptical capsule.

Hierba anual de 30-60 cm de alto, ampliamente ramificado. **Tallos** viejos rollizos verdes, compactos, sin lenticelas, rodeados por una cobertura de pelos eglandulares y glandulares transparentes multicelulares, 4-5 mm de diámetro en la base; tallos jóvenes rollizos, verdes,

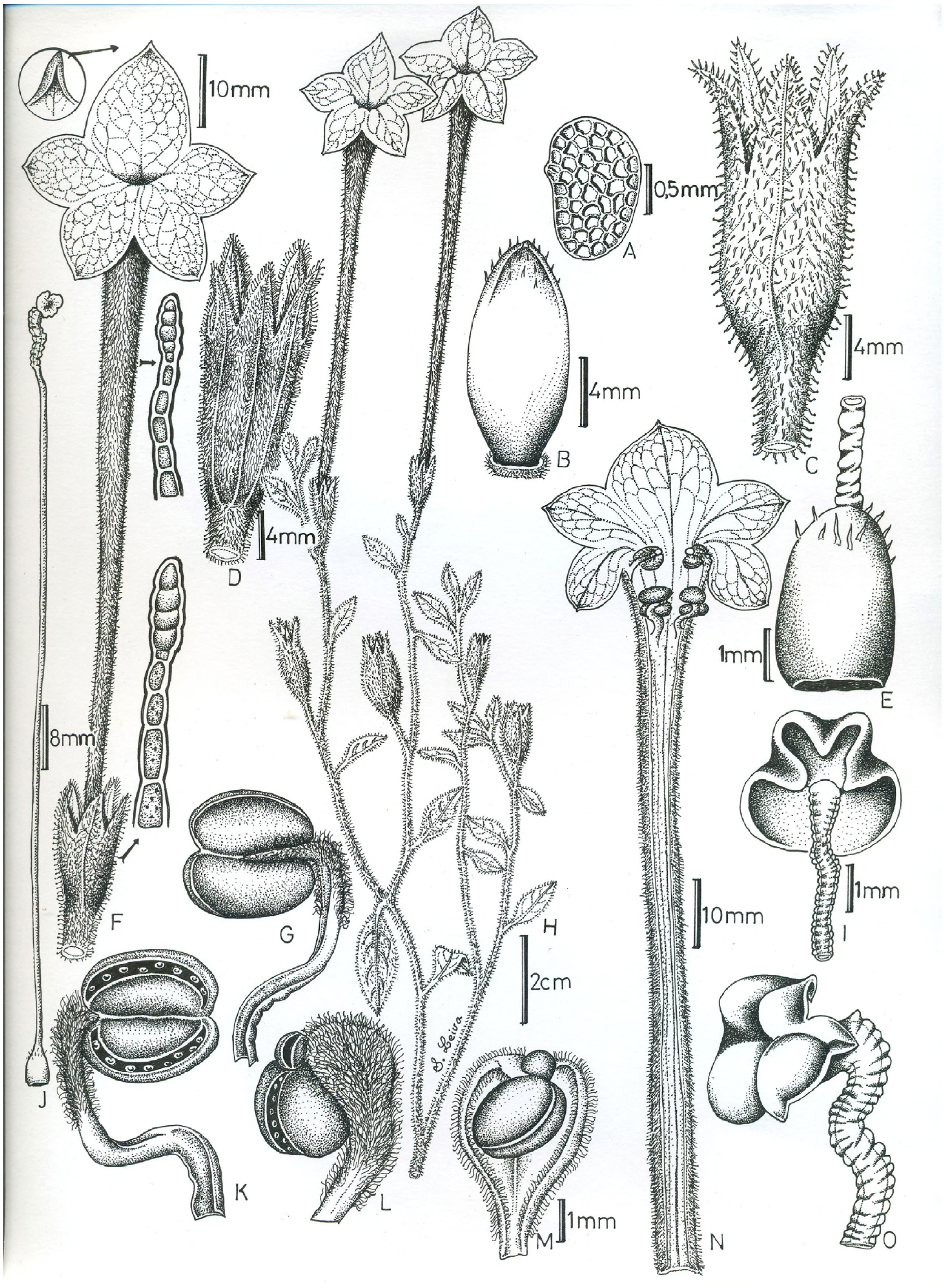


Fig. 3. ***Browallia longitubulata*** S. Leiva. A. Semilla; B. Cápsula; C. Fruto; D. Cáliz; E. Ovario; F. Flor en antésis; G. Antera isomórfica en vista dorsal, H. Rama florífera; I. Estigma en vista dorsal; J. Gineceo; K. Antera isomórfica en vista ventral; L. Antera heteromórfica en vista dorsal; M. Antera heteromórfica en vista ventral; N. Corola desplegada; O. Estigma en vista lateral (Dibujado de S. Leiva & J. Tarrillo 2233, HAO).

compactos, sin lenticelas, rodeados por una densa cobertura de pelos eglandulares y glandulares transparentes multicelulares. **Hojas** alternas; peciolo semirrollizo, verde, pubescente rodeado por una densa cobertura de pelos eglandulares y glandulares transparentes de 1-2 mm de longitud; lámina ovada a ovada-elíptica, verde-oscuro la superficie adaxial, verde-claro la superficie abaxial, rodeada por una densa cobertura de pelos eglandulares y glandulares transparentes en ambas superficies, aguda en el ápice, redondeada a ligeramente cuneada en la base, entera en el borde, 10-20 mm de largo por 5-10 mm de ancho. Flores solitarias en las ramas terminales o en los vértices de las ramas; pedúnculo filiforme ampliándose ligeramente hacia el área distal, verde, rodeado por una densa cobertura de pelos glandulares transparentes, erecto, 6-12 mm de longitud. Cáliz tubular ampliándose gradualmente hacia el área distal, verde, verde-oscuro las nervaduras primarias y secundarias externamente, verdoso interiormente, glabrescente rodeado por una densa cobertura de pelos glandulares transparentes externa e interiormente, suculento o papiráceo, erecto, abruptamente sobresalientes las nervaduras principales y secundarias, 11-12 mm de diámetro del limbo en la antésis; 5-lobulado, lóbulos lanceolados a triangulares, verde externamente, verdoso interiormente, ciliado rodeados por una cobertura de pelos glandulares transparentes externamente, glabros interiormente, ciliados rodeados por una cobertura de pelos glandulares transparentes en los bordes, suculentos o papiráceos, ligeramente rotados, nunca reflexos, nunca revolutos, sobresalientes las nervaduras principales, 3 cortos (4,5-4,6 mm de largo por 2,4-2,6 mm de ancho) y 3 largos 5,5-5,6 mm de largo por 4-4,2 mm de ancho); tubo calicino 12,5-13 mm de largo por 6-6,5 mm de diámetro. Corola hipocrateriforme con una joroba en el ¼ distal del tubo corolino al nivel longitudinal del lóbulo mayor, ligeramente urceolado en el ¼ basal, zigomorfa, blanca el ¼ distal, cremoso los 3/4 basales externamente, cremoso en toda su longitud, blanco en la base y amarillo en el área distal de la garganta interiormente, ciliado rodeado por una densa cobertura de pelos glandulares transparentes los ¾ distales, glabro el ¼ basal externamente, glabro interiormente, membranácea a veces ligeramente suculenta, sobresalientes las nervaduras principales, 28-30 mm (entre el lóbulo mayor y los lóbulos inferiores) y 27-30 mm (entre los lóbulos laterales) de diámetro del limbo en la antésis; 5-lobulado, lóbulos heteromórficos, rotados; un lóbulo mayor o superior ligeramente oblongo, acuminado en el ápice, blanco-cremoso externa e interiormente, sobresalientes las nervaduras principales externamente, ciliado rodeado por una cobertura de pelos simples y glandulares transparentes sobre las nervaduras principales externamente, glabro interiormente, membranáceo, 12-13 mm de largo por 12-14 mm de ancho; dos lóbulos laterales ligeramente oblongos a triangulares, redondeados con un ligero apículo en el ápice, membranosos, blanco-cremoso externa e interiormente, sobresalientes las nervaduras principales externamente, glabrescentes rodeado por pelos eglandulares y glandulares transparentes externamente, glabros interiormente, ciliado en los bordes, membranosos, 7-9 mm de largo por 9-10 mm de ancho; dos lóbulos inferiores ligeramente oblongos, redondeados con un ligero apículo en el ápice, blanco-cremoso externa e interiormente, glabrescentes rodeados por pelos simples y glandulares transparentes las nervaduras principales externamente,

glabros interiormente, membranáceos, sobresalientes las nervaduras principales externamente, 8-9 mm de largo por 8-9 mm de ancho; tubo corolino 8,5-10 cm de largo por 0,2-0,5 cm de diámetro al nivel de la garganta. Estambres 4, didínamos, inclusos, connivententes dos a dos, insertos en los 3/4 distales del interior del tubo corolino; dos estambres superiores con anteras heteromóficas, las fértiles sub reniformes, amarillentas, blanquecinas las suturas y amarillo el conectivo, sin mucrón apical, glabras, 2,5-2,6 mm de largo por 0,6-0,8 mm de diámetro; anteras estériles o abortadas sub reniformes, blancas, blanco-cremoso las suturas, amarillo el conectivo, sin mucrón apical, glabras, 0,4-0,5 mm de largo por 0,2-0,3 mm de diámetro; filamentos estaminales libres compresos, curvados, espatulados disminuyendo gradualmente hacia el área basal, cremosos, isomórficos, rodeados por una densa cobertura de pelos ramificados transparentes en toda su longitud externamente, glabros interiormente, 1,5-1,8 mm de largo por 0,6-0,8 mm de ancho; área soldada semirrolliza o aplanada, cremosa, glabra en toda su longitud, 6-9 cm de longitud; dos estambres inferiores con anteras isomórficas, fértiles, oblongas, amarillas, blanco-cremoso las suturas, amarillo-intenso el conectivo, sin mucrón apical, glabras, 2,8-3 mm de largo por 0,6-0,8 mm de diámetro; filamentos estaminales libres homodínamos, depresos, ligeramente torcidos, geniculados el área distal, verdo-amarillentos, rodeados por una densa cobertura de pelos eglandulares y ramificados transparentes los ¾ distales externamente, glabros interiormente, 2-3 mm de largo por 0,5-0,8 mm de ancho; área soldada semirrolliza o aplanada, cremosa, glabra en toda su longitud, 7,5-8 cm de longitud. Ovario oblongo, verde-intenso, sin disco nectarífero, suculento, rodeado por una densa cobertura de pelos eglandulares transparentes rígidos o erectos la 1/2 distal, néctar transparente, 3,4-5 mm de largo por 2-2,5 mm de diámetro; estilo incluso, filiforme los ¾ basales, arrugado y geniculado 1/4 distal, erecto, cremoso, glabro, 9-9,5 mm de longitud; estigma umbraculífero, tetralobulado, 4 cavidades (dos en la superficie adaxial y dos en la superficie abaxial), verde-oscuro el área media, amarillento el área marginal o bordes la superficie adaxial, verdoso la superficie abaxial, glabra, 2,5-3 mm de largo por 2,3-2,5 mm de diámetro. **Cápsula** erecta, oblonga a elíptica, verde a la inmadurez, 2-valvada, rodeada por una cobertura de pelos eglandulares transparentes rígidos el ¼ distal, 12,8-13 mm de largo por 5,8-6 mm de diámetro; cáliz fructífero persistente, acrescente que envuelve ajustadamente a la cápsula en toda su longitud, lóbulos erectos ligeramente estrellados, 14-15 mm de largo por 6-6,2 mm de diámetro. **Semillas** 175-185 por cápsula, poliédricas, a veces oblongas, algunas reniformes, frágiles, amarillentas, glabras, epispermo reticulado-foveolado, 1,2-1,3 mm de largo por 0,7-0,8 mm de diámetro.

Browallia longitubulata S. Leiva es afín a su especie hermana *Browallia mirabile* S. Leiva (ver Leiva, 1995) propia del sector Peña Blanca (ruta San Ignacio hacia Tabaconas-Namballe) y Estrella del Oriente, Distrito San José de Lourdes, Prov. San Ignacio, Dpto. Cajamarca, Perú, entre los 1462-1550 m de elevación, porque ambas tienen las flores solitarias dispuestas en las ramas terminales, cáliz tubular rodeado por una cobertura de pelos eglandulares transparentes externamente, corola hipocrateriforme con un abultamiento (joroba) en el ¼ distal, pubescente rodeada por una cobertura de pelos eglandulares y glandulares transparentes los 3/4 distales

glabro el ¼ basal externamente, ovario oblongo a ovado sin disco nectarífero, hierbas de 30-60 cm de alto, con los tallos jóvenes rodeados por una cobertura de pelos eglandulares y glandulares transparentes. Pero, *Browallia longitubulata* se caracteriza por el tubo corolino recto de 8,5-10 cm de largo por 0,2-0,3 cm de diámetro, limbo de la corola blanca de 28-30 mm de diámetro durante la antésis, ovario hirsuto piloso el ¼ distal, cápsula elíptica. En cambio *Browallia mirabile* presenta el tubo corolino ligeramente torcido de 3-3,4 cm de largo por 0,9-1 cm de diámetro, limbo de la corola morado de 45-48 mm de diámetro durante la antésis, ovario glabro, cápsula cónica.

Distribución y ecología: Especie con distribución restringida y aparentemente endémica en la zona de recolección en donde es relativamente abundante. A pesar de haberse efectuado recolecciones en áreas aledañas solamente se ha encontrado en la ruta cercana al río Marañón (Chagual) a unos 10 minutos antes del río, Distrito Aricapampa, Prov. Sánchez Carrión, Dpto. La Libertad, Perú, alrededor de los 1565 m de elevación, como un integrante de la vegetación herbácea de esta zona calurosa y xerofítica, como es el Valle del Marañón, en los bordes de la carretera; prefiere suelos pedregosos, arenosos, tierras blancas, asociada con muchas Poáceas, y además con especies de árboles caducifolios como *Eriotheca ruizii* (Schumann) Robyns "pate" (Malvaceae), *Maraniona lavinii* C. E. Hughes *et al*. "palo verde"; *Acacia macrantha* Humb. & Bonp. ex Will. "espino" (Fabaceae); asimismo entre los géneros. *Puya* Molina (Bromeliaceae), *Espostoa* Britton & Rose, *Armatocereus* Backeb. (Cactaceae), *Trixis* P. Browne (Asteraceae), entre otros.

Fenología: Es una especie herbácea, que brota después de las lluvias de invierno, para luego florecer y fructificar desde el mes de abril hasta junio.

Estado actual: Utilizando los criterios del IUCN (IUCN 2012) *Browallia longitubulata* es considerada en peligro crítico (CR). La extensión de su rango de distribución es de un radio menor a 100 km^2 a 10 minutos antes de llegar al río Marañón (ruta Aricapampa-Chagual), siendo ésta la única localidad donde se ha recolectado (Criterio B1). Asimismo, se han encontrado menos de 100 individuos maduros en la población (Criterio D), siendo influenciada directamente por el centro urbano que transita por la carretera hacia Tayabamba y viceversa, pasando por Chagual. Sin embargo, no se ha evaluado si existe una declinación del rango de distribución y del área de ocupación, siendo de necesidad un estudio en profundidad de la ecología, estructura poblacional y distribución de esta especie para esclarecer su estado de conservación.

Etimología: El epíteto específico hace alusión a la longitud del tubo corolino, y hasta el momento, sería la especie con el tubo corolino más largo (8,5-10 cm de longitud).

Agradecimientos

Mi reconocimiento a las autoridades de la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo, Perú, por su constante apoyo y facilidades para la realización de las expediciones botánicas. Asimismo, mi gratitud a la Dra. Sandra Knapp del Natural History Museum de Londres, Inglaterra, por haber financiado y participado en una de las expediciones al área de estudio, el cual me permitió la culminación de este trabajo. Finalmente mi agradecimiento al Prof. Luis Chang Chávez del Museo de Historia Natural y Cultural de la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo, Perú

por su ayuda en la redacción del abstract y la diagnosis.

Literatura citada

Brako, L. & J. Zarucchi. 1993. Catálago de las Angiospermas y Gimnospermas del Perú. Monobr. Syst. Bot. Missouri Bot. Garden. Vol 45.

D'Arcy, W. 1991.The Solanaceae since 1976. With a review of its biography *in* J. G. Hawkes, R. N. Lester, M. Nee and Estrada (Eds), Solanaceae III. Taxonomy Chemistry, Evolution 75-137. Royal Botanical Gardens Kew Richmond, Surrey. Uk for The Linnean Society of London.

Dios, O. 1977. Especies peruanas del Género *Browallia* L. (Solanaceae). Bol. Soc. La Libertad. IX (1-2): 5-24.

Hengler, A. 1964. Sylabus der Planzenfamilien XII, Ed. (II). Gebruder Boemtraeger, Berlin-Niklas-see. 666 pp.

Hunziker, A. 1979. South American Solanaceae: a Synoptic Survey. *In* J. G. Hawkes, N. R. Lester & A. D. Shelding (edis.). The Biology snd Taxonomy of the Solanaceae, 49-85, Linnean Society Symposium Series No 7 Academic Press N.Y.

Hunziker, A. 2001. Genera Solanacearum. A. R. G. Gantner Verlang K. G. Alemania, pp. 500.

IUCN. 2012. The IUCN Red List of threatened species, version 2012.1. IUCN Red List Unit, Cambridge, UK, Available from: http://www.iucnredlist.org/ (accessed: 16 abril 2013).

Leiva, S. 1995. Una nueva especie de *Browallia* (Solanaceae: Salpiglossidae) del Norte del Perú. Arnaldoa 3 (2): 13-17.

Leiva, S.; F. Farruggia; E. Tepe & C. Martine. 2010. *Browallia sandrae* (Solanaceae) una nueva especie del Departamento Cajamarca, Perú. Arnaldoa 17 (2): 155-161.

Leiva, S. 2013. *Browallia salpoana* (Solanaceae) una nueva especie del Departamento La Libertad, Perú. Arnaldoa 20 (2): 59-68.

Leiva, S. 2014. *Browallia amicora* y *Browallia coalita* (Solanaceae) dos nuevas especie del Departamento Cajamarca, Perú. Arnaldoa 21(1): 9-24.

Limo, S.; E. Pereyra; K. Lezama & S. Leiva. 2007. *Browallia dilloniana* (Solanaceae) una nueva especie del Departamento La Libertad, Perú. Arnaldoa 14 (1): 15-21.

Macbride, J. 1962. Solanaceae. Field Mus. Nat. Hist. Bot. Ser. 13 part. V-B, No 1.

Olmstead, R.; L. Bohs; H. Migid; E. Santiago-Valentin; V. García & S. Coller. 2008. A molecular phylogeny of the Solanaceae. Novon 57 (4): 1159-1181.

Soukup, J. 1977. Las Monoporáceas, Caliceraceas, Calitricáceas, Balsamináceas, Columeliáceas, Nolanáceas y Solanáceas del Perú, su género y lista de especies. Biota. XI (87): 53-96.

Sagástegui, A. & O. Dios. 1980. Una nueva especie del género *Browallia* (Solanaceae). Hickenia I (39): 215-218.

Ulloa, C.; J. Zarucchi & B. León. 2004. Diez años de adiciones a la flora del Perú: 1993-2003. Arnaldoa. Edición Especial, pp 242.

Van Devender & P. Jenkins. 1993. A new species of *Browallia* (Solanaceae) from the Souhwestern United Stated and Northwestern Mexico. Madroño 40 (4): 214-224.

Thiers, B. 2013.[continuamente actualizada]. Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium.

http://sweetgum.nybg.org/ih/ (accedido en septiembre de 2013).

Arnaldoa 21 (2): 279 - 294, 2014 ISSN: 1815-8242

Iochroma cachicadanum (Solanaceae) una nueva especie del Norte del Perú

Iochroma cachicadanum (Solanaceae) a new species from Northern Peru

Segundo Leiva González
Museo de Historia Natural, Universidad Privada Antenor Orrego, Casilla Postal 1075, Trujillo, PERÚ
segundo_leiva@hotmail.com/cleivag@upao.edu.pe

Resumen

Se describe e ilustra en detalle *Iochroma cachicadanum* (Solanaceae) una nueva especie del Norte del Perú. *I. cachicadanum* S. Leiva es propia de los alrededores de los puquios de aguas termales, arriba de la Ciudad de Cachicadán, Distrito Cachicadán, Prov. Santiago de Chuco, Dpto. La Libertad, Perú, alrededor de los 2988 m de elevación. Se caracteriza principalmente por el tubo de la corola morado-intenso los ¾ distales externamente, limbo de la corola morado-intenso externa e interiormente, 19-21 de flores por nudo, el número de semillas por baya, el indumento de sus órganos vegetativos y reproductivos rodeados especialmente por una cobertura de pelos eglandulares transparentes Se incluyen datos sobre su distribución geográfica y ecología, fenología, estado actual, nombre popular, usos y su relación con otra especie afín.

Palabras clave: *Iochroma*, Solanaceae, especie nueva, Norte del Perú.

Abstract

Iochroma cachicadanum (Solanaceae), a new species from Northern Peru, is described and illustrated in detail. *I. cachicadanum* S. Leiva is found in the surroundings of thermal springs in the heights of Cachicadan, District of Cachicadan, Province of Santiago de Chuco, Department of La Libertad, Peru, at about 2988 m above sea level. It can be distinguished basically by the corolla tube intense purple in the 3/4 distal externally, corolla limb intense purple externally and internally, 19-21 flowers per node, number of seeds per berry, indumentum of its vegetative and reproductive organs surrounded especially by a cover of transparent eglandular hairs. Data concerning geographic distribution and ecology, phenology, current state, common name, uses and its relation with other similar species is included.

Keywords: *Iochroma*, Solanaceae, Sp. Nov., from Northern Peru

Introducción

Iochroma Benth. (Fam. Solanaceae, Subfam. Solanoideae), es un género mayormente sudamericano; comprende ca. 34 especies (ver anexo) arbustivas a pequeños árboles, con vistosas flores de colores muy variados (moradas, lilacinas, blancas, amarillas, rojas, verdosas, entre otros) que atraen a "picaflores" para la búsqueda de néctar producido por el disco nectarífero blanquecino, verdoso, blanquecino-amarillento que destaca en la base del ovario. Sus frutos también son atractivos, siendo bayas cónicas, a veces globosas, glaucas, amarillo-anaranjadas, rojas a la madurez, envueltas ajustadamente por el cáliz fruticoso; algunas son comestibles (Leiva *et al.*, 1998; Lezama *et al.*, 2007). Las especies se distribuyen al oeste de Sudamérica desde Colombia hasta Bolivia y noroeste de Argentina (Hunziker 1977; 1979; 2001). Para Perú, se reportan unas 24 especies (Leiva 1995; 2006; 2007; 2009; Leiva, Quipuscoa & Sawyer 1998; Leiva & Quipuscoa 1998; Leiva, Lezama & Quipuscoa 2003; Leiva & Lezama 2005; Leiva, Deanna & Jara, 2013; Lezama *et al.*, 2007; Smith & Leiva, 2011; ver anexo), que se concentran en la región andina del norte peruano (1500-3500 m de elevación), por lo que, se considera a esta área geográfica como el centro de diversidad del género.

Desde el punto de vista de su posición en el sistema clasificatorio de la familia, se encuentra ubicado en la Tribu Physaleae, Subtribu Iochrominae, junto a los géneros: *Acnistus* Schott, *Eriolarynx* (Hunz.) Hunz., *Vassobia* Rusby, *Saracha* Ruiz & Pav. y *Dunalia* Kunth (Olmstead *et al.*, 2008; Smith & Baum, 2006).

Iochroma fue descripto por Bentham (1845) a partir de sus estudios en el género *Habrothamnus*. Este autor observó que la planta que Lindley había llamado *Habrothamnus cyaneus* Lindl., colectada cerca de Loja (Ecuador), era significativamente diferente a las otras especies de *Habrothamnus*. Esta planta ecuatoriana, se transformó en el tipo del nuevo género *Iochroma*, designándole el nombre de *Iochroma tubulosum*, ignorando el epíteto anterior *cyaneum*. En 1955, fueron Lawrence & Tucker quienes combinaron correctamente este nombre, *I. cyaneum* (Lindl.) G. H. M. Lawr. & J. M. Tucker. Asimismo, tanto el nombre como el tipo de este género fueron conservados contra numerosos nombres (*Diplukion* Raf. 1838; *Trozelia* Raf. 1838; *Valteta* Raf. 1838; Baehni 1960; Brummitt 1993; D´Arcy 1989). Además, Bentham (1845) añadió dos nuevas especies: *I. calycinum* Benth. e *I. grandiflorum* Benth. En el mismo año, Miers describió *I. macrocalyx*, sinónimo posterior de *I. calycinum* (Jørgensen & León Yánez 1999) y más tarde realizó las siguientes combinaciones: *I. cornifolium* (Kunth) Miers, *I. fuchsioides* (Bonpl.) Miers, *I. gesnerioides* (Kunth) Miers, *I. lanceolatum* (Miers) Miers *I. loxense* (Kunth) Miers e *I. umbrosum* (Kunth) Miers, además de describir a *I. longipes* Miers (Miers 1848), siendo algunas especies sinonimizadas posteriormente (Brako & Zarucchi 1993; Solanaceae Source, 2013). En las siguientes décadas, se fueron incorporando numerosas especies, provenientes de nuevas combinaciones (*I. confertiflorum* (Miers) Hunz., *I. ellipticum* (Hook f.) Hunz., *I. umbellatum* (Ruiz & Pav.) Hunz. ex D´Arcy), o que se describieron como especies nuevas y aún son aceptadas (*I. australe* Griseb, *I. brevistamineum* Dammer, *I. cardenasianum* Hunz., *I. lehmanii* Dammer ex Bitter, *I. parvifolium* (Roem. & Schult.) D´Arcy, *I. peruvianum* (Dunal) J. F. Macbr.), mientras que otras produjeron nuevas combinaciones (*I. suffruticosum* Dammer) o pasaron a la sinonimia (*I. arborea* Griseb, *I. benthamiana* Van Heurch & Muül. Arg., *I. coccinea* Scheid., *I. flavum* André, *I. horridum* Hunz., *I. lyciifolia* Dammer, *I. pauciflorum* Dammer, *I. puniceum* Werderm., *I. schlechtendaliana* Dunal, *I. sodiroi* Dammer, *I. solanifolium* Dammer, *I. tetradynamum* Dunal, *I. umbrosa* (Kunth) Miers, *I. warscewiczii* Regel, *I. weberbaueri* Dammer; Solanaceau Source, 2013; Brako & Zarucchi, 1993; Jørgensen & León-Yánez, 1999), si bien, falta aún un tratamiento taxonómico integral del género. A partir de 1995, uno de nosotros comienza sus exhaustivos estudios en el género describiendo en las siguientes décadas 18 especies (Leiva 1995; 2006; 2007; 2009; 2013; Leiva, Quipuscoa & Sawyer, 1998; Leiva & Quipuscoa, 1998; Leiva, Lezama & Quipuscoa 2003; Leiva, Deanna & Jara, 2013; Leiva & Lezama, 2005; Lezama *et al*., 2007; Smith & Leiva, 2011).

Continuando con las exploraciones botánicas en la región Norte del Perú, ahora en el Departamento La Libertad, me ha permitido hallar entre las colecciones una especie de *Iochroma* con caracteres muy peculiares diferentes a las descriptas hasta la fecha y que propongo y describo como nueva para la ciencia. Con esta adición, se incrementan a ca. 35 las especies que integran éste género.

Material y métodos

El material estudiado corresponde a las recolecciones efectuadas en estos últimos años por S. Leiva (HAO) y T. Mione (CCSU) en las diferentes expediciones realizadas al Pueblo de Cachicadán, Distrito Cachicadán, Prov. Santiago de Chuco, Dpto. La Libertad, Perú, alrededor de los 2988 m de elevación, a fin de obtener colecciones

botánicas intensivas para la realización de la monografía del género *Iochroma* en el Perú. Las recolecciones se encuentran depositadas principalmente en los Herbarios: CCSU, CORD, F, HAO, HUT, MO, NY, USM, WIS. Se fijó material en líquido (alcohol etílico al 30% o AFA), para realizar estudios en detalle de los órganos vegetativos y reproductivos y para la elaboración de la ilustración respectiva. La descripción está basada en caracteres exomorfológicos, que se tomaron *in situ*; se presentan también, fotografías, datos de su distribución geográfica y ecología, fenología, estado actual, nombre vulgar y usos de la especie.

Los acrónimos de los herbarios se citan según Thiers (2013).

Resultados y discusión

1. Iochroma cachicadanum S. Leiva sp. nov. (Fig. 1-2)

TIPO: PERÚ, **Dpto. La Libertad**, Prov. Santiago de Chuco, Distrito Cachicadán, alrededores de puquios de aguas termales (arriba de Cachicadán), 8º 51'35,3" S y 78º 09'36,0" W, 2988 m, 24-III-2013, *S. Leiva, T. Mione & L. Yacher 5414* (Holótipo: HAO; Isótipos: CORD, F. HAO MO)

Diagnosis

Iochroma cachicadanum is similar to its sister species *Iochroma lilacinum* S. Leiva & K. Lezama (see S. Leiva, 2009), but it has 18-22 flowers per node, anthers sagittate in the base, corolline tube intense purple externally and light purple internally, corolline tube ciliated surrounded by a cover of transparent eglandular hairs in the ¾ distal externally, area free of staminal filaments in intense purple, welded area of the staminal filaments in intense purple, sheets of the leafs glabrous in both surfaces.

Arbusto 2,5-3,5 m de alto, ampliamente ramificado. **Tallos** viejos rollizos, marrón-claro o parduscos, compactos, a veces rodeados por una cobertura de lenticelas blanco-cremosas, glabros, con agrietamientos longitudinales pronunciados, (1,5-) 2-2,2 cm de diámetro en la base; tallos jóvenes rollizos, a veces ligeramente angulosos, verdes, compactos, rodeados por algunas lenticelas blanco-cremosas dispersas, pubescentes rodeados por una cobertura de pelos ramificados transparentes. **Hojas** alternas; pecíolo semirrollizo, verde, verde-oscuro los bordes, glabros, (1,5-) 2-2,2 cm de longitud: lámina lanceolada, suculenta, verde-oscuro la superficie adaxial, verde-claro la superficie abaxial, glabra y opaca en ambas superficies, aguda en el ápice, cuneada en la base, entera y ligeramente repanda en los bordes, 12,8-13,5 cm de largo por 6,5-8 cm de ancho. **Flores** 12-21 por nudo, no sincronizadas; pedúnculo rollizo, verde, suculento, ciliado rodeado por una cobertura de pelos eglandulares transparentes, ligeramente erecto, 0,5-0,6 cm de longitud; pedicelos filiformes ampliándose ligeramente hacia el área distal, verde, glabros, lustrosos, péndulos, flexibles, 3,5-3,7 cm de longitud. Cáliz tubular, verde y lustroso externamente, verdoso interiormente, glabrescente rodeado por pelos eglandulares transparentes externamente, rodeado por papilar glandulares interiormente, suculento, sobresalientes las nervaduras principales, 5-5,2 mm de diámetro del limbo en la antésis; 5-lobulado, lóbulos triangulares a veces soldados (2+1+1+1), verde y lustroso externamente, verdoso interiormente, glabros externamente, rodeados por papilas glandulares interiormente, suculentos, rectos nunca reflexos, nunca revolutos, sobresalientes las nervaduras principales, 3-3,2 mm de largo por 4-4,2 mm de ancho; tubo 4-4,2

mm de largo por 5-5,2 mm de diámetro. Corola tubular ampliándose ligeramente hacia el área distal, morado-intenso los ¾ distales, cremoso el ¼ basal hasta el borde distal del cáliz externamente, púrpura-claro interiormente, ciliada rodeada por una cobertura de pelos eglandulares transparentes los ¾ distales glabra el ¼ basal externamente, ciliado rodeado por pelo eglandulares transparentes y lustrosa interiormente, suculenta, sobresalientes las nervaduras principales, 15-16 mm de diámetro del limbo en antésis; 5-lobulado, lóbulos triangulares, morado-intenso externa e interiormente, ciliado rodeados por una cobertura de pelos eglandulares transparentes externamente, glabrescente rodeados por algunos pelos eglandulares transparentes interiormente, ciliados rodeados por una cobertura de pelos eglandulares transparentes en los bordes, suculentos, ligeramente revolutos, sobresalientes las nervaduras principales, 5-5,2 mm de largo por 5,5-6 mm de ancho; tubo 12-13 mm de largo por 9-10 mm de diámetro. Estambres 5, conniventes, ligeramente exertos, insertos a 5-6,5 mm del borde basal interno del tubo corolino; filamentos estaminales homodínamos; área libre de los filamentos filiformes ampliándose ligeramente hacia el área basal, morado-intenso, glabros, lustroso-brillantes, 1-1,2 mm de longitud; área soldada semirrolliza, morado-intenso, ciliada rodeada por una cobertura pelos eglandulares morado-intenso, lustrosa, 5-6,5 mm de longitud; anteras lineares, amarillentas a blanco-cremosas, mucrón apical incipiente, sajitadas en la base, glabras, 5-5,2 mm de largo por 1,9-2,1 mm de diámetro. Ovario piriforme, glauco, disco nectarífero cremoso-blanquecino, poco notorio que ocupa el 20-30% del área basal del ovario, 5-anguloso, 3-3,2 mm de largo por 3,3-3,4 mm de diámetro; estilo incluso, filiforme ampliándose ligeramente hacia el área distal, blanco-cremoso, lustroso, glabro, 1,5-1,8 mm de longitud; estigma capitado u oblongo, trilobado, lustroso, verde-oscuro, 1,5-2- 1,7-1,8 mm de diámetro. **Baya** péndula, cónica, verdosa a la inmadurez, sin estilo persistente, glabra, 12-13 mm de largo por 12-13 mm de diámetro; cáliz fructífero persistente, acrescente, envuelve ajustadamente el 60-70% del área basal de la baya, se abre en 2 hendiduras profundas que llegan hasta la base, sobresalientes las nervaduras principales, 10-10,2 mm de largo por 12-13,2 mm de diámetro **Semillas** 144-151 por baya, reniformes, duras, marrón-claro, epispermo rugulado-foveolado, 2-2,2 mm de largo por 1,8-1,9 mm de diámetro, embrión curvo, blanco-cremoso, 1-1,1 mm de largo por 0,7-0,8 mm de diámetro. **Esclerosomas** 49-60 por baya, poliédricas, blanco-cremosas.

Material adicional examinado

PERÚ. **Dpto. La Libertad**, Prov. Santiago de Chuco, Distrito Cachicadán, alrededores de puquios de aguas termales (arriba de Cachicadán), 8º 51′35,3″ S y 78º 09′ 36,0″ W, 2988 m, 24-III-2013, *S. Leiva, T. Mione & L. Yacher 5414b* (CORD, F. HAO MO).

Iochroma cachicadanum S. Leiva es afín a su especie hermana *Iochroma lilacinum* S. Leiva & K. Lezama (ver S. Leiva, 2009) arbusto endémico que habita en los alrededores de Mótil (ruta Agallpampa-Shorey) Prov. Santiago de Chuco, Dpto. La Libertad, Perú, entre los 2990-3010 m de elevación, porque ambas tiene el tubo corolino ciliado rodeado por una cobertura de pelos eglandulares y ramificados transparentes los ¾ distales, glabro el ¼ basal externamente, lóbulos del limbo de la corola morado-intenso y lila-intenso interiormente, reflexos y ligeramente revolutos en los bordes,

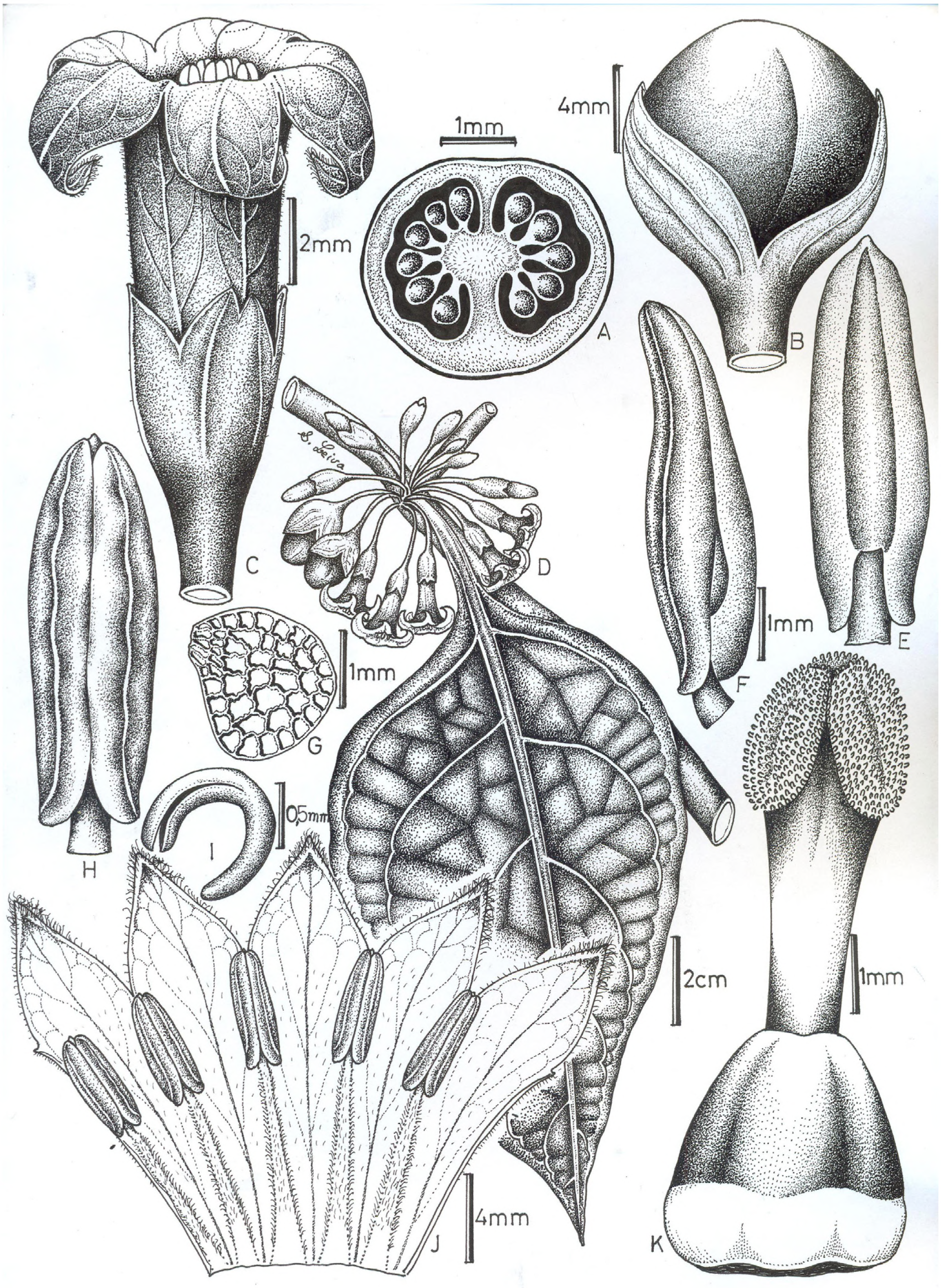


Fig. 1. ***Iochroma cachicadanum*** S. Leiva. A. Sección transversal del ovario; B. Fruto; C. Flor en antésis; D. Rama florífera; E. Antera en vista dorsal; F. Antera en vista lateral; G. Semilla; H. Antera en vista ventral; I. Embrión; J. Corola desplegada; K. Gineceo. (Dibujado de S. Leiva, T. Mione & L. Yacher 5414, CCSU y HAO).

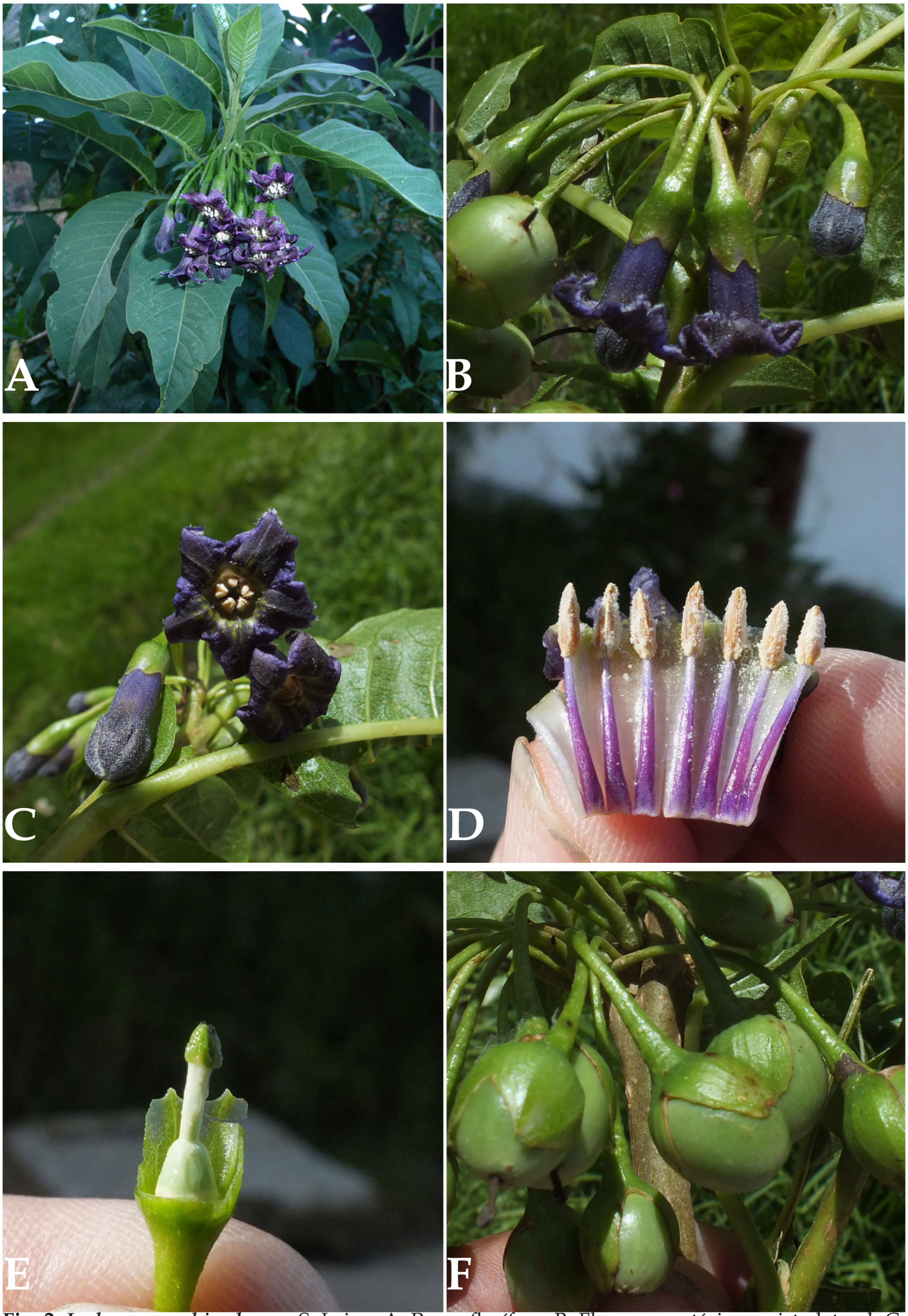


Fig. 2. *Iochroma cachicadanum* S. Leiva. A. Rama florífera; B. Flores en antésis en vista lateral; C. Flor mostrando los 5 lóbulos; D. Corola desplegada; E. Gineceo; F. Bayas inmaduras. (Fotografías de S. Leiva, T. Mione & L. Yacher 5414, CCSU y HAO).

rollizo el pedúnculo, pedicelos filiformes ampliándose ligeramente hacia el área distal, área libre de los filamentos estaminales glabros, anteras blanco-cremosas con un mucrón apical incipiente, estilo cremosos, estigma trilobado, tallos jóvenes rodeados por lenticelas blanco-cremosas; pero, *Iochroma cachicadanum* se caracteriza por presentar 18-22 flores por nudo, anteras sajitadas en la base, tubo corolino morado-intenso externamente, púrpura-claro interiormente, tubo corolino ciliado rodeado por una cobertura de pelos eglandulares transparentes los ¾ distales externamente, área libre de los filamentos estaminales morado-intenso, área soldada de los filamentos estaminales morado-intenso, láminas de las hojas glabras en ambas superficies. Por su parte, *Iochroma lilacinum* (Fig. 3) tiene 26-29 flores por nudo, anteras redondeadas en la base, tubo corolino verdoso o verdoso-claro externamente, cremoso interiormente, tubo corolino ciliado rodeado por una cobertura de pelos ramificados transparentes los ¾ distales externamente, área libre de los filamentos estaminales ligeramente morado el área distal, área soldada de los filamentos estaminales blanco-cremoso, láminas de las hojas rodeadas por una cobertura de pelos ramificados transparentes en ambas superficies.

Distribución y ecología: Es una especie con distribución limitada y hasta la actualidad, aparentemente endémica a la zona de recolección, en donde es relativamente escasa. A pesar de haberse efectuado recolecciones en áreas aledañas, solamente ha sido encontrada en los alrededores de los puquios de aguas termales, arriba de la Ciudad de Cachicadán, Distrito Cachicadán, Prov. Santiago de Chuco, Dpto. La Libertad, Perú, alrededor de los 2988 m de elevación, como un integrante de la vegetación arbustiva, al borde de carretera, en áreas húmedas, prefiere suelos arcillosos, tierras negras, y vive asociado con plantas de *Eucaliptus globulus* Labill. "eucalipto" (Myrtaceae), *Taraxacum officinale* F. H. Wigg. "diente de león", *Baccharis salicina* Torr. & A. Gray "chilco" (Asteraceae), *Zea mays* L. "maíz", *Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov. "grama" (Poaceae), *Cestrum auriculatum* L'Hér. "hierba santa", *Lycianthes jelskii* (Zahlbr.) Bitter, *Solanum tuberosum* L. "papa", *Salpichroa tristis* Miers "cuytylumbo" (Solanaceae), *Alternanthera macbridei* Standl. (Amaranthaceae), *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. "tuna" (Cactaceae), *Rubus floribundus* Kunth "zarza" (Rosaceae), *Agave americana* L. "penca" (Asparagaceae), entre otras.

Fenología: Es una especie perenne, que brota con las primeras lluvias de noviembre o diciembre, para luego florecer y fructificar desde el mes de febrero hasta el mes de abril o mayo.

Estado actual: Utilizando los criterios del IUCN (IUCN 2012) *Iochroma cachicadanum* es considerada en peligro crítico (CR). La extensión de su rango de distribución es de un radio menor a 100 km^2 alrededor del pueblo de Cachicadán, siendo ésta la única localidad donde se ha recolectado (Criterio B1). Asimismo, se han encontrado menos de 100 individuos maduros en la población (Criterio D), siendo influenciada directamente por el centro urbano de Cachicadán. Sin embargo, no se ha evaluado si existe una declinación del rango de distribución y del área de ocupación, siendo de necesidad un estudio en profundidad de la ecología, estructura poblacional y distribución de esta especie para esclarecer su estado de conservación.

Nombre vulgar: "lusaque" (En boleta, S. Leiva, T. Mione & L. Yacher 5414, HAO)

Etimología: El epíteto específico hace alusión al Distrito de Cachicadán, Prov. Santiago de Chuco, Dpto. La Libertad, Perú, un hermoso y próspero Distrito, y que entre sus cerros, valles y ríos guarda una diversidad biológica y cultural la cual requiere de más estudios.

Agradecimientos

Mi gratitud a las autoridades de la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo, Perú, por su constante apoyo y facilidades para la realización de las expediciones botánicas. También, expreso mi agradecimiento a la Dra. Rocío Deanna del Museo Botánico, de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, por haberme apoyado en la redacción concerniente a la historia del género *Iochroma* (Introducción), y el tratamiento del estado actual de la especie.

Literatura citada

Baehni, C. 1960. La Réunion des collections De Candolle, delessert et Boissier au conservatoire botanique de Genève. Taxon 9 (3): 86.

Bentham, G. 1845. Edwards's Botanical Register or, ornamental flower-garden an shrubbery 31: 20-21.

Brako, L. & J. L. Zarucchi. (eds.) 1993. Catalogue of the Flowering Plants and Gymnosperms of Peru. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden 45: 1106-1107.

Brummitt, R. K. 1993. Report of the Committee for Spermatophyta: 38. Taxon 42: 692-693.

D'Arcy, W. G. 1989. (950) Proposal to add *Trozelia* as a rejected name under 7382 *Iochroma,* nom. cons. (Solanaceae). Taxon 38: 509-510.

Hunziker, A. T. 1977. Estudios sobre Solanaceae VIII. Novedades varias sobre Tribus, secciones y especies de Sud América. Kurtziana 10: 7-50.

Hunziker, A. T. 1979 South American Solanaceae: A Synopthic Survey. *In* J. G. Hawkes, R. N. Lester and A. D. Skelding (eds.). The Biology and Taxonomy of the Solanaceae, pp 49-85. Linnean Society Symposium Series N° 7 Academic Press. London and New York.

Hunziker, A. T. 2001. Genera Solanacearum. A. R. G. Ganther Verlag K. G. Alemania: 500 pp.

IUCN. 2012. IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 70 pp.

Jørgensen, P. M. & S. León-Yánez. 1999. Catalogue of the Vascular Plants of Ecuador. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden 75: 904.

Lawrence, G. H. M. & J. M. Tucker. 1955. Baileya 3 (2): 66.

Leiva, S. 1995. Una nueva especie de *Iochroma* (Solanaceae: Solaneae) del Norte del Perú. Arnaldoa 3 (1): 41-44.

Leiva, S. & P. Lezama. 2005. *Iochroma albianthum* e *Iochroma ayabacense* (Solanaceae: Solaneae) dos nuevas especies del Departamento de Piura, Perú. Arnaldoa 12 (1-2): 72-80.

Leiva, S. 2006. *Iochroma tupayachianum* (Solanaceae: Solaneae) una nueva especie del Departamento La Libertad, Perú. Arnaldoa 13 (2): 276-281.

Leiva, S. 2007. *Iochroma piuranum* (Solanaceae) una nueva especie del Departamento de Piura, Perú. Arnaldoa 14 (2): 213-218

Leiva, S. 2009. *Iochroma lilacinum* e *Iochroma tingoanum* (Solanaceae) dos nuevas especies del Norte del Perú. Arnaldoa 16 (1): 13-23

Leiva, S. 2013. *Iochroma richardianthum* (Solanaceae) una nueva especie del Norte del Perú. Arnaldoa 20 (2): 281-290.

Leiva, S., V. Quipuscoa & N. W. Sawyer. 1998. *Iochroma stenanthum* (Solanaceae: Solaneae) una nueva especie del Norte del Perú. Arnaldoa 5 (1): 77-82.

Leiva, S. & V. Quipuscoa. 1998. *Iochroma nitidum* e *I. schlellerupii* (Solanaceae: Solaneae) dos nuevas especies andinas del Norte del Perú. Arnaldoa 5 (2): 171-178.

Leiva, S., P. Lezama & V. Quipuscoa. 2003. *Iochroma salpoanum* y *Iochroma squamosum* (Solanaceae: Solaneae) dos nuevas especies andinas del Norte del Perú. Arnaldoa 10 (1): 95-104.

Leiva, S., R. Deanna & J. Jara. 2013. Tres nuevas especies de *Iochroma Bentham* (Solanaceae:) del Norte del Perú. Arnaldoa 20 (1): 25-44.

Lezama, K., E. Pereyra, S. Limo & S. Leiva. 2007. *Iochroma smithianum* (Solanaceae) una nueva espe-

cie del Departamento La Libertad, Perú. Arnaldoa 14 (1): 23 – 28

Miers, J. 1848. Contribution to the Botany of South America. Hooker´s London Journal of Botany 7: 342-347.

Olmstead, R., L. Bohs, H. A. Migid, E. Santiago-Valentín, V. F. García & S. M. Collier. 2008. A molecular phylogeny of the Solanaceae. Taxon 57 (4): 1159-1181.

Smith, S. D. & D. A. Baum. 2006. Phylogenetics of the florally diverse andean clado *Iochrominae* (Solanaceae). American Journal of Botany 93 (8): 1140–1153

Smith, S. & S. Leiva. 2011. A New Species of *Iochroma* (Solanaceae) from Ecuador. Novon 21: 491-494.

Solanaceae Source. *Iochroma*. http://solanaceae.myspecies.info/solanaceae/*iochroma* [accedido 11.06.2013]

Thiers, B. 2013. [continuamente actualizada]. Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium.

http://sweetgum.nybg.org/ih/ (accedido en septiembre de 2013).

ANEXO

El género *Iochroma* y el país donde habita:

1. ***Iochroma albianthum*** S. Leiva	Perú
2. ***Iochroma australe*** Griseb.	Bolivia y Argentina
3. ***Iochroma ayabacense*** S. Leiva	Perú
4. ***Iochroma barbozae*** S. Leiva & Deanna	Perú
5. ***Iochroma baumii*** S. D. Smith & S. Leiva	Ecuador
6. ***Iochroma brevistamineum*** Dammer	Ecuador
7. ***Iochroma calycinum*** Benth.	Ecuador
8. ***Iochroma cardenasianum*** Hunz.	Bolivia
9. ***Iochroma confertiflorum*** (Miers) Hunz.	Ecuador y Perú
10. ***Iochroma cornifolium*** (Kunth) Miers	Colombia, Ecuador y Perú
11. ***Iochroma cyaneum*** (Lindl.) M. L. Green	Ecuador y Perú
12. ***Iochroma edule*** S. Leiva	Perú
13. ***Iochroma ellipticum*** (Hoof. f.) Hunz.	Ecuador
14. ***Iochroma fuchsioides*** Miers	Colombia y Ecuador
15. ***Iochroma gesnerioides*** (Kunth) Miers	Colombia y Ecuador
16. ***Iochroma grandiflorum*** Kunth	Ecuador y Perú
17. ***Iochroma lehmannii*** Bitter	Ecuador
18. ***Iochroma lilacinum*** S. Leiva & K. Lezama	Perú
19. ***Iochroma loxense*** (Kunth) Miers	Ecuador
20. ***Iochroma nitidum*** S. Leiva & Quip.	Perú
21. ***Iochroma ortizianthum*** S. Leiva & Deanna	Perú

22. ***Iochroma parvifolium*** (Roem. & Schult.) D´Arcy — Perú
23. ***Iochroma peruvianum*** (Dunal) J. F. Macbr. — Perú
24. ***Iochroma piuranum*** S. Leiva . — Perú
25. ***Iochroma richardianthum*** S. Leiva — Perú
26. ***Iochroma rubicalyx*** S. Leiva & Jara — Perú
27. ***Iochroma salpoanum*** S. Leiva & Lezama — Perú
28. ***Iochroma schjellerupii*** S. Leiva & Quip. — Perú
29. ***Iochroma smithianum*** K. Lezama, Limo & S. Leiva — Perú
30. ***Iochroma squamosum*** S. Leiva & Quip. — Perú
31. ***Iochroma stenanthum*** S. Leiva, Quip. & N. W. Sawyer — Perú
32. ***Iochroma tingoanum*** S. Leiva — Perú
33. ***Iochroma tupayachianum*** S. Leiva — Perú
34. ***Iochroma umbellatum*** (Ruiz & Pav.) Hunz. — Perú

Clave para diferenciar las especies del complejo

A Flores péndulas. Estilo (1,5-) 3-3,4 mm de longitud. Tubo corolino morado-intenso, verdo-amarillento externa e interiormente, limbo de la corola morado-intenso, verde-oscuro o lila-intenso externa e interiormente. Área libre de los filamentos estaminales morado-intenso, verdoso, morado-claro el área distal. Estigma tri o tetralobado. Inflorescencias en umbelas (pedúnculo y pedicelos).

B Anteras sajitadas en la base. Estilo 1,5-1,8 mm de longitud. Tubo corolino morado-intenso externamente, púrpura-claro interiormente, tubo corolino ciliado rodeado por una cobertura de pelos eglandulares transparentes los ¾ distales externamente. Área libre de los filamentos estaminales morado-intenso, área soldada de los filamentos estaminales morado-intenso. Láminas de las hojas glabras en ambas superficies.

1. ***Iochroma cachicadanum*** S. Leiva (Fig. 1-2)

B' Anteras redondeadas en la base. Estilo (2,9-) 3-3,4 mm de longitud. Tubo corolino verdoso o verdoso-amarillento externamente cremoso o verdoso-claro interiormente, tubo corolino glabrescente rodeado por pelos ramificados transparentes. Área libre de los filamentos estaminales verdosos o ligeramente morado el área distal, área soldada de los filamentos estaminales verdoso o cremoso. Lámina de las hojas rodeadas por una cobertura de pelos eglandulares y ramificados transparentes en ambas superficies.

C Flores 25-28 por nudo. Limbo de la corola lila-intenso interiormente, (22-) 27-29 mm de diámetro del limbo en la antésis. Baya sin estilo persistente. Área soldada de los filamentos glabra. Arbustos 3-3,5 m de alto.

2. ***Iochroma lilacinum*** S. Leiva & K. Lezama (Fig. 3)

C' Flores (8-) 10-15 (-22) por nudo. Limbo de la corola lilacino con los bordes cremosos interiormente, (13-) 17-19 mm de diámetro del limbo en la antésis. Baya con estilo persistente. Área soldada de los filamentos estaminales ciliado rodeado por pelos eglandulares transparentes. Arbustos 1,20-2 m de alto.

3. ***Iochroma tingoanum*** S. Leiva (Fig. 4)

A' Flores erectas o ligeramente erectas. Estilo 4-4,2 (-5,1) mm de longitud. Tubo corolino amarillo-intenso externa e interiormente, limbo de la corola amarillo externa e interiormente. Área libre de los filamentos estaminales amarillo. Estigma bilobado. Inflorescencias en fascículos.

4. ***Iochroma umbellatum*** (Ruiz & Pav.) Hunz. (Fig. 5)

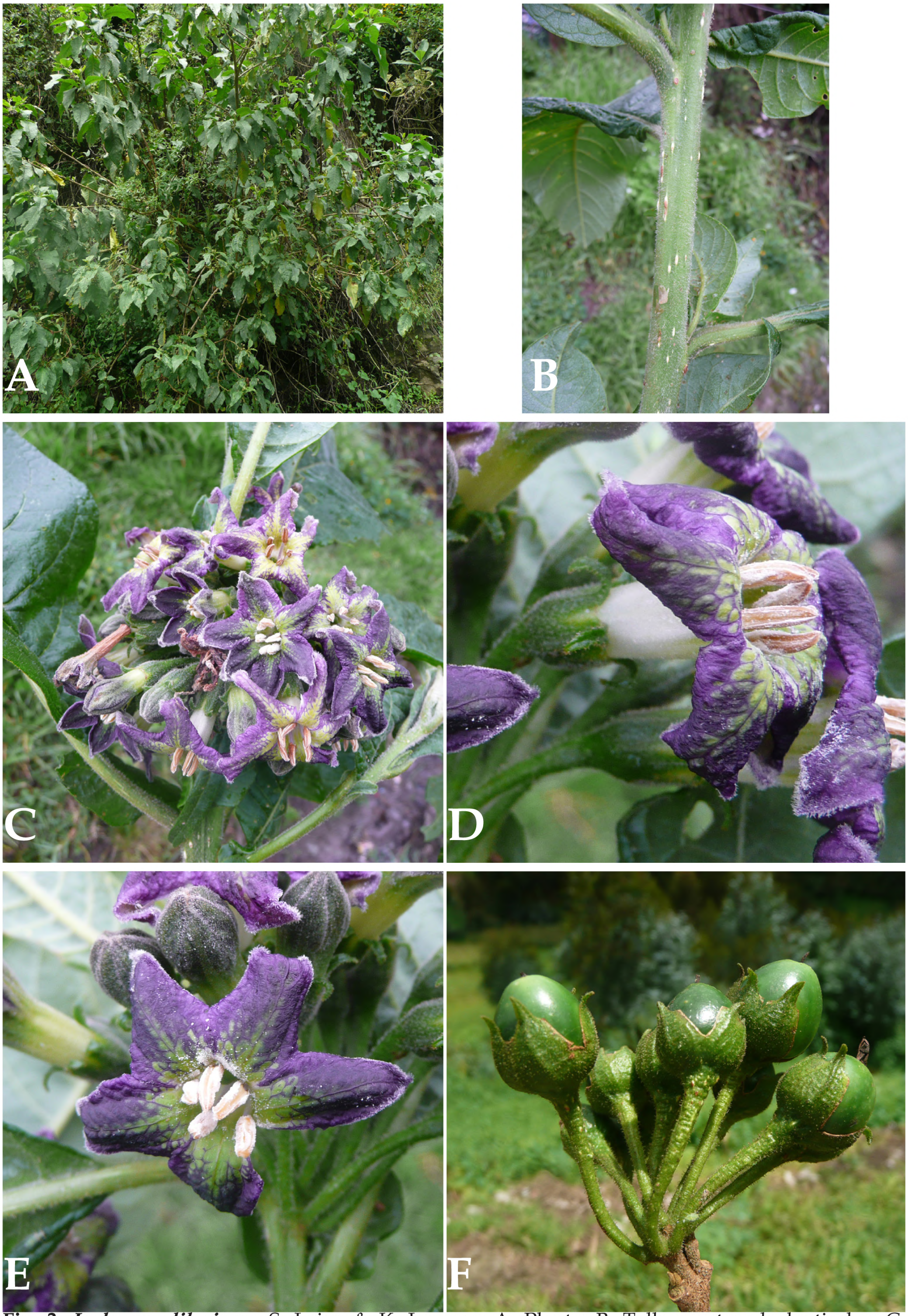


Fig. 3. ***Iochroma lilacinum*** S. Leiva & K. Lezama. A. Planta; B. Tallo mostrando lenticelas; C. Flores en antésis; D. Flores en vista lateral; E. Corola mostrando los 5 lóbulos; F. Bayas inmaduras. (Fotografías de S. Leiva , HAO).

Fig. 4. ***Iochroma tingoanum*** S. Leiva. A. Rama florífera; B. Flores en antésis; C. Bayas inmaduras (Fotografías de S. Leiva, HAO).

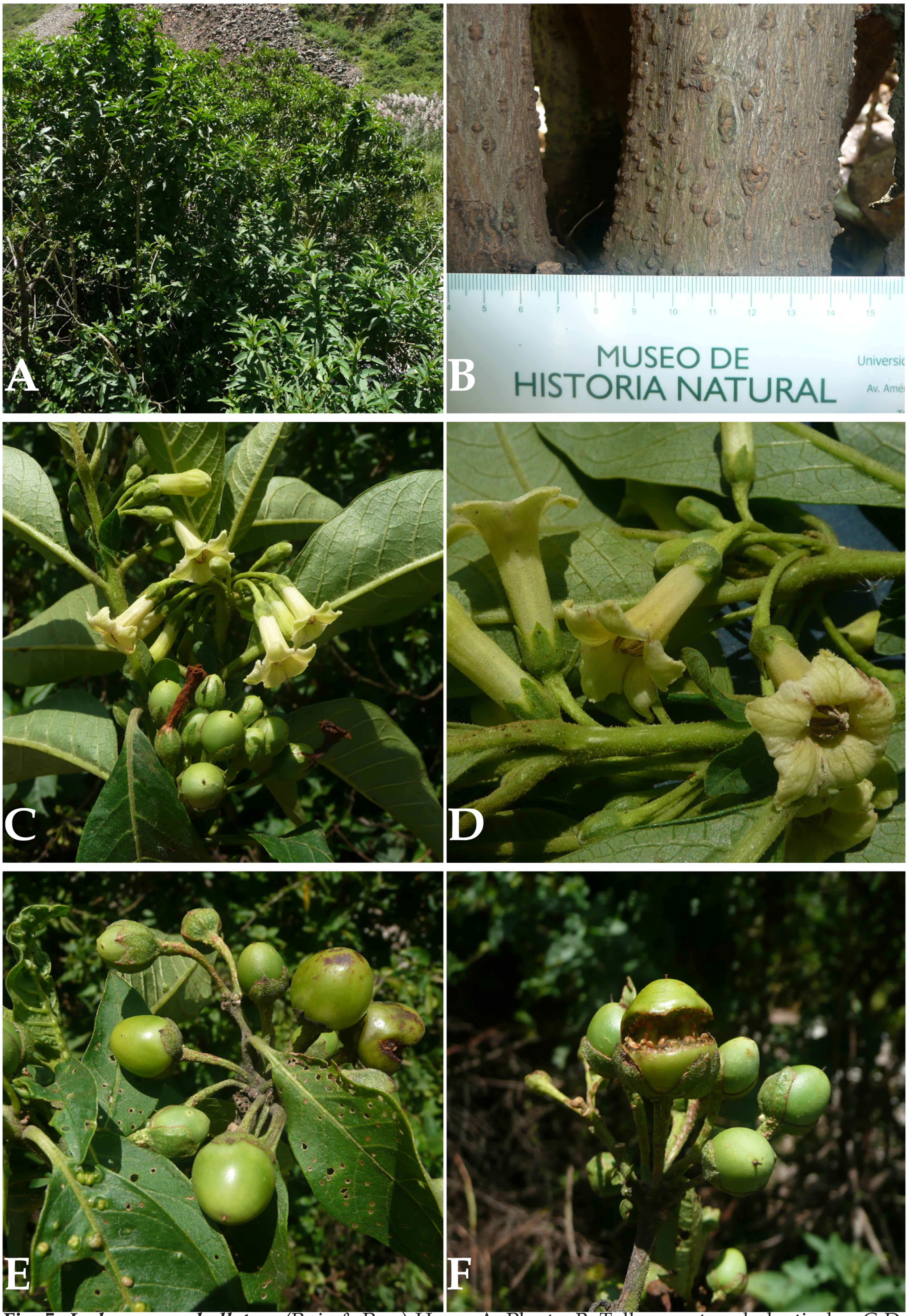
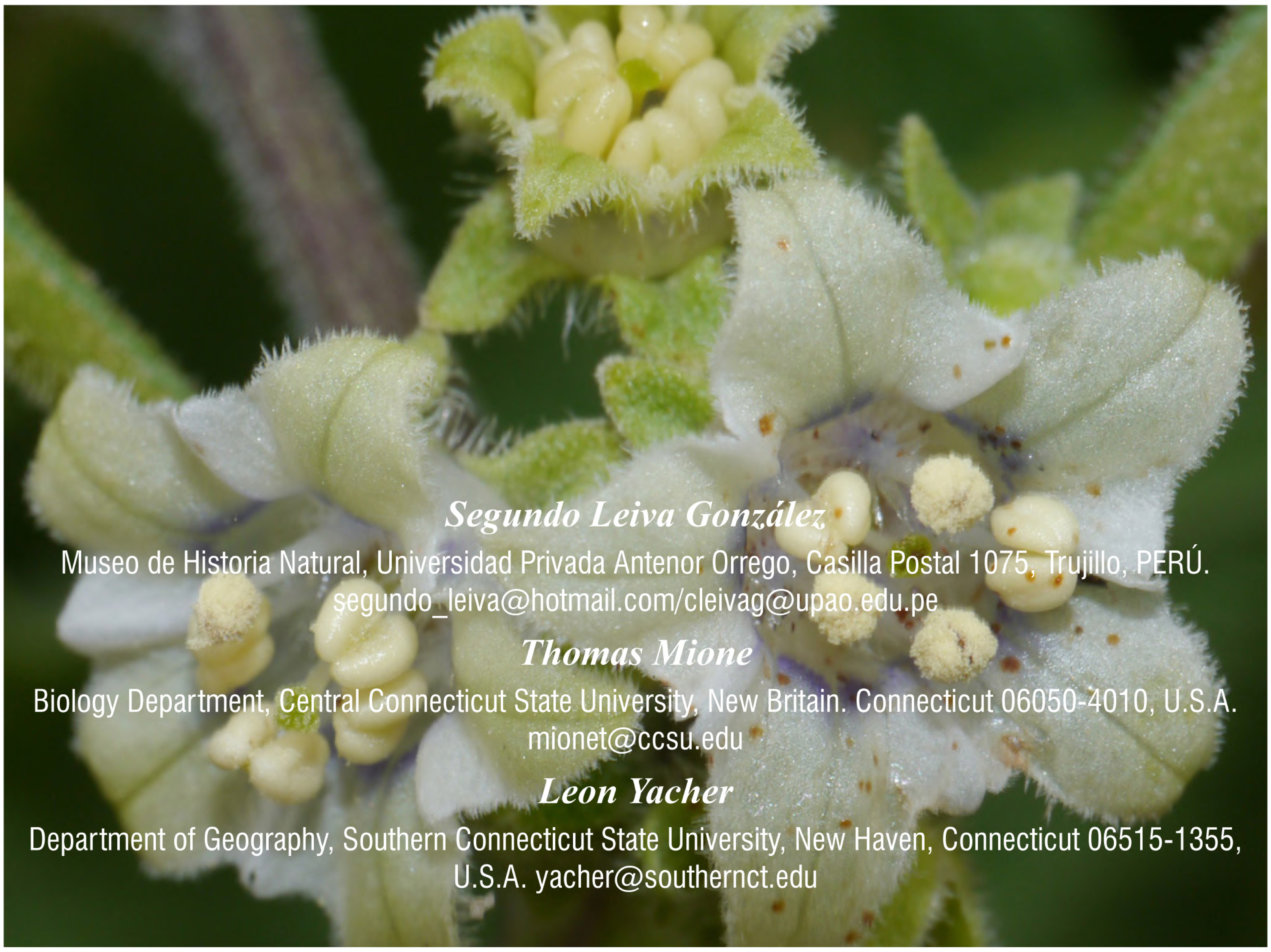


Fig. 5. ***Iochroma umbellatum*** (Ruiz & Pav.) Hunz. A. Planta; B. Tallos mostrando lenticelas; C-D. Ramas floríferas; E. Bayas inmaduras; F. Baya dehiscente. (Fotografías de S. Leiva, HAO).

Arnaldoa 21 (2): 295 - 304, 2014 ISSN: 1815-8242

Jaltomata athahuallpae (Solanaceae) una nueva especie del Norte del Perú

Jaltomata athahuallpae (Solanaceae) a new species of from Northern Peru



Segundo Leiva González
Museo de Historia Natural, Universidad Privada Antenor Orrego, Casilla Postal 1075, Trujillo, PERÚ.
segundo_leiva@hotmail.com/cleivag@upao.edu.pe

Thomas Mione
Biology Department, Central Connecticut State University, New Britain. Connecticut 06050-4010, U.S.A.
mionet@ccsu.edu

Leon Yacher
Department of Geography, Southern Connecticut State University, New Haven, Connecticut 06515-1355, U.S.A. yacher@southernct.edu

Resumen

Se describe e ilustra en detalle *Jaltomata athahuallpae* S. Leiva & Mione (Solanaceae) una nueva especie del Norte del Perú. *J. athahuallpae* es propia de la ruta entre Namora-Cajamarca, LLacanora-Cajamarca y en la subida Cajamarca-hacia el Cerro Santa Apolonia, Distritos Namora, LLacanora y Cajamarca, Provincias San Marcos y Cajamarca, Dpto. Cajamarca, Perú, a los 7º 11′ 95,2″-7º 12′ 09,5″ S y 78º 25′ 78,7″-78º 19′ 53,7″ W, entre los 2751-2761 m de elevación, presenta 10-15 (-20) flores por nudo, cáliz rodeado por una cobertura de pelos glandulares transparentes externamente, limbo de la corola 10-lobulado, púrpura-claro externamente, cremoso interiormente, estambres inclusos, ovario ovado con disco nectarífero cremoso que ocupa el 50-60% de su longitud basal, tallos rodeados por una cobertura de pelos glandulares transparentes. Adicionalmente a la descripción se presenta la ilustración correspondiente, se discute sus relaciones con otra especie afín e incluyen datos sobre etnobotánica, distribución geográfica y ecología, fenología, estado actual y usos de la especie.

Palabras clave: *Jaltomata*, especie nueva, Solanaceae, Cajamarca, Perú.

Abstract

Jaltomata athahuallpae S. Leiva & Mione (Solanaceae), a new species from Northern Peru, is described and illustrated in detail. *J. athahuallpae* is found along the road Namora-Cajamarca, Llacanora-Cajamarca and in the ascension from Cajamarca to Santa Apolonia hill, Districts of Namora, Llacanora and Cajamarca, Provinces of San Marcos and Cajamarca, Department of Cajamarca, Peru, at 7º 11′ 95,2″-7º 12′ 09,5″ S and 78º 25′ 78,7″-78º 19′ 53,7″ W, between 2751-2761 m above sea level. It presents 10-15 (-20) flowers per node, calyx surrounded by a cover of transparent glandular hairs externally, corolla limb 10-lobulate, light purple externally, cream internally, included stamens, ovary ovate with cream nectariferous disc which occupies 50-60% of its basal length, stems surrounded by a cover of transparent glandular hairs. Additionally to the description, the correspondent illustration is presented, its relation with other similar species is discussed and data concerning Ethnobotany, geographical distribution and ecology, phenology, current state and uses of the species is included.

Keywords: *Jaltomata*, sp. nov., Solanaceae, Cajamarca, Peru.

Introducción

El género *Jaltomata* fue descrito por Schlechtendal en 1838, posteriormente algunas especies fueron tratadas como *Hebecladus* creado por Miers en 1845. Hunziker (1979) y Nee (1986), reconocen que ambos géneros deben ser tratados como uno solo, es decir como *Jaltomata*, trabajos contemporáneos de Davis (1980) y D'Arcy (1986; 1991), sostienen que ambos géneros deben mantenerse independientes; adoptando ese criterio, Mione (1992) unificó *Hebecladus* y *Jaltomata* con el epíteto genérico de *Jaltomata*, siendo ratificado por Mione, Olmstead, Jansen & Anderson en 1994.

Jaltomata (incluyendo *Hebecladus*) de la Familia Solanaceae, Subfamilia Solanoideae, Tribu Solaneae, (Hunziker, 2001), y ratificado recientemente en la filogenia molecular de la familia propuesta por Olmstead *et al.* (2008) y Särkinen *et al.* (2013), quienes sostienen, que *Jaltomata* comparte la filogenia en un clado solamente con el género *Solanum*. Está representado por unas 69 especies plantas herbáceas o subarbustos plenamente determinadas y publicadas, casi todas con bayas comestibles (Leiva, Mione & Quipuscoa, 1998; Leiva, *et al.*, 2007; 2008; 2010 a y b; 2013, 2014; Mione, *et al.*, 1997; 2000; 2004; 2007; 2011; 2013). Se distribuyen desde el suroeste de los Estados Unidos

hasta Bolivia y el Norte de Argentina y en las Antillas (Cuba, Jamaica, Haití, República Dominicana, Puerto Rico), con una especie en las islas Galápagos (Mione, Anderson & Nee, 1993; Mione, Olmstead, Jansen & Anderson, 1994; Mione & Coe, 1996; Mione & Leiva, 1997; Mione, Leiva & Yacher 2000; 2004; 2007; 2011; 2013). Considerándose, que el género tiene dos centros de diversidad: México con unas 10 especies y oeste de Sudamérica con unos 59 taxones. En el Perú, crecen aproximadamente 50 especies, desde la costa desértica hasta los 4000 m de elevación, y, es la zona norte la que presenta mayor diversidad con cerca de 39 especies, y todas con frutos comestibles.

Jaltomata se caracteriza por: 1) pedicelos basalmente articulados, 2) filamentos estaminales insertos en la superficie ventral de las anteras, 3) ovario con disco nectarífero basal. 4) corola con 5 ó 10 lóbulos de prefloración valvar y 5) fruto con cáliz acrescente y mesocarpo jugoso, entre otros caracteres; asimismo, las bayas maduras son consumidas como frutas por los pobladores rurales, las cuales son agradables y exquisitas.

Además, de los recientes trabajos taxonómicos acerca de este género en el Perú (Knapp, Mione & Sagástegui; 1991; Mione & Coe, 1996; Mione & Leiva, 1997; Leiva, 2006;); Leiva, Mione & Quipuscoa, 1998; Leiva & Mione, 1999; Leiva, Mione & Yacher, 2007, 2008, 2010 a y b; 2013, 2014; Mione, Leiva & Yacher, 2000, 2004, 2007; 2000; 2004; 2007; 2011; 2013; y, ante nuevos viajes de campo efectuados en estos últimos años, se han encontrado poblaciones de una especie de *Jaltomata*, que nos llamó la atención por sus particularidades referidas a sus tallos, forma de sus flores, bayas rodeadas por el cáliz acrescente, indumento de sus órganos vegetativos y órganos florales, número de semillas por baya, entre otros. Estas diferencias morfológicas que las distinguen del resto de las especies descritas hasta ahora, motivan su descripción como nueva, y como consecuencia, dar a conocer esta nueva entidad es el principal aporte y objetivo de este trabajo.

Material y métodos

El material estudiado corresponde a las recolecciones efectuadas desde el año 1999 hasta la actualidad por S. Leiva (HAO) y T. Mione & L. Yacher (CCSU), entre otros, en las diversas expediciones en el Norte del Perú, especialmente al Dpto. Cajamarca, Provincias San Marcos y Cajamarca, Distritos Namora, LLacanora y Cajamarca, entre los 2751-2761 m de elevación, a fin de efectuar colecciones botánicas extensivas para realizar la monografía: "Revisión sistemática del género *Jaltomata* Schlechtendal (Solanaceae) en el Perú". Las recolecciones se encuentran registradas principalmente en los herbarios CCSU, CORD, F, HAO, HUT, MO. Paralelo a las recolecciones de herbario se fijó y conservó material en alcohol etílico al 30% o AFA, para realizar estudios en detalle de los órganos vegetativos y reproductivos y para la elaboración de la ilustración respectiva. La descripción está basada en caracteres exomorfológicos, que se tomaron *in situ*; se presentan también, fotografías, datos de su distribución geográfica y ecología, fenología, estado actual, nombres vulgares y usos de la especie.

Los acrónimos de los herbarios son citados según Thiers (2013).

Resultados y discusión

1. ***Jaltomata athahuallpae*** S. Leiva & Mione sp. nov. (Fig. 1-2).

TIPO: PERÚ. **Dpto. Cajamarca**, Prov. Cajamarca, Distrito Namora, km 1243,8-

1244 en la salida del pueblo de Namora hacia Cajamarca, 7º 12′ 09,5″ S y 78º 19′ 53,7″ W, 2761 m, 26-III-2013, *S. Leiva, T. Mione* & *L. Yacher 5421* (Holótipo: HAO; Isótipos: CCSU; CORD; F; HAO; HUT; MO).

Diagnosis

Jaltomata athahuallpae is similar to its sister species *Jaltomata lanata* S. Leiva & Mione (see Mione, Leiva & Yacher, 2007). It presents a corolla without purple ring and without green spots internally, corolla limb 10-lobulate, 5 major lobes which alternate with 5 smaller lobes, connivent stamens, yellowish anthers, ovary with cream nectariferous disc, 10-15 (-20) flowers per node, pedicels surrounded by a dense cover of transparent glandular hairs, calyx pubescent surrounded by a dense cover of transparent glandular hairs externally, young stems pubescent surrounded by a cover of transparent glandular hairs.

Arbusto perenne 0,60-0,80 m de alto; ampliamente ramificado. **Tallos** viejos rollizos, marrón-claro, compactos, sin lenticelas blanco-cremosas, glabros, con agrietamientos longitudinales, 8-10 mm de diámetro en la base; tallos jóvenes 4-5 angulosos, morado la superficie adaxial, verde la superficie abaxial, a veces cuando verdes morado los nudos, compactos, sin lenticelas, pubescentes rodeados por una densa cobertura de pelos glandulares transparentes largos. **Hojas** alternas; pecíolo semirrollizo, verde-claro, pubescente rodeado por una densa cobertura de pelos ramificados transparentes, (2,5-) 3-4 cm de longitud; lámina ovada a veces ampliamente lanceolada, membranácea a veces ligeramente suculenta, verde-oscuro y opaca la superficie adaxial, verde-claro y opaca superficie abaxial, pubescente rodeada por una densa cobertura de pelos ramificados transparentes cortos en ambas superficies, aguda en el ápice, largamente cuneada en la base, gruesamente dentada en los bordes, a veces enteras, 11-12,2 cm de largo por 6-6,7 cm de ancho. **Flores** 10-15 (-20) por nudo, no sincronizadas; pedúnculo filiforme, verde, pubescente rodeado por una densa cobertura de pelos glandulares transparentes, curvado, 10-12 mm de longitud; pedicelos filiformes ampliándose ligeramente hacia el área distal, verdes, rodeado por una densa cobertura de pelos glandulares transparentes cortísimos, péndulos, 3-5 mm de longitud. Cáliz campanulado, a veces aplanado, verde-oscuro externamente, verdoso interiormente, pubescente rodeado por una densa cobertura de pelos glandulares transparentes externamente, papilas transparentes interiormente, suculento, sobresalientes las nervaduras principales, 5-6,3 mm de diámetro del limbo en la antésis; 5-lobulado, lóbulos triangulares, verde-oscuro externamente, verdoso interiormente, pubescentes rodeados por una densa cobertura de pelos glandulares transparentes externamente, papilas transparentes interiormente, ciliados rodeados por una cobertura de pelos glandulares transparentes en los bordes, suculentos, rectos aplanados a veces ligeramente reflexos, nunca revolutos, sobresalientes las nervaduras principales, 1,5-2,1 mm de largo por 2-2,1 mm de ancho; tubo 1,5-1,7 mm de largo por 3-3,5 mm de diámetro. Corola tubular-rotada, ligeramente ventricosa en el área basal, púrpura-claro externamente, cremoso interiormente, ciliado rodeado por una cobertura de pelos eglandulares transparentes externamente, glabro interiormente, suculenta, sobresalientes las nervaduras principales, 8-11 mm de diámetro del limbo en la antésis; 10-lobulado, 5 lóbulos mayores que alternan

con otros 5 menores, lóbulos triangulares, cremosos a veces verdosos externamente, ciliados rodeados por pelos eglandulares o glandulares transparentes externamente, glabro interiormente, ciliados rodeados por una cobertura de pelos eglandulares y glandulares transparentes en los bordes, suculentos, ligeramente reflexos, nunca revolutos, sobresalientes las nervaduras principales, 3,5-4 mm de largo por 3,5-4 mm de ancho; tubo 3,7-3,9 mm de largo por 7-8 mm de diámetro. Estambres 5, conniventes, inclusos a veces ligeramente exertos, insertos a 0,2-0,3 mm del borde basal interno del tubo corolino; filamentos estaminales heterodínamos; área libre de los filamentos filiformes ampliándose ligeramente hacia el área basal, cremosos, pubescentes rodeados por una cobertura de pelos eglandulares transparentes que ocupan el 40-50% de su longitud basal, 3 cortos (2,4-2,6 mm de longitud) y 2 largos (3.5-3,6 mm de longitud); área soldada cremosa, ciliada rodeado por pelos simples transparentes el área distal; anteras oblongas, amarillentas, sin mucrón apical, glabras, 1,7-1,8 mm de largo por 1,7-1,8 mm de diámetro. Ovario ampliamente ovado, verde, disco nectarífero cremoso, notorio que ocupa el 50-60% de su longitud basal del ovario, 5-anguloso, 1,3-1,4 mm de largo por 1,9-2 mm de diámetro; estilo exerto, filiforme ampliándose ligeramente hacia el área distal, cremoso, glabro, 3,8-4 mm de longitud; estigma capitado, bilobado, verde-oscuro, (0,2-) 0,4-0,5 mm de diámetro. **Baya** péndula, globosa achatada por los polos, anaranjado a la madurez, sin estilo persistente, 6-7 mm de largo por 7-8 mm de diámetro; cáliz fruticoso persistente, acrescente envuelve hasta cerca de la mitad de la baya, verde, 7-8 mm de diámetro. **Semillas** 65-75 por baya, reniformes, frágiles, marrones o parduzcas, epispermo reticulado-foveolado, 1,2-1,5 mm de largo por 1-1,2 mm de diámetro.

Material adicional examinado

PERÚ. **Dpto. Cajamarca**, Prov. Cajamarca, Distrito Cajamarca, subiendo de la ciudad de Cajamarca hacia Cerro Santa Apolonia, borde de chacra de "maíz" *Zea mays*, 07 10.013 S, 78 30.855 W, 2.782 m, 21-III-2007, S. Leiva, Mione & Yacher 3646(HAO); Mione, Leiva & Yacher 743(CCSU); Distrito Namora, km 1243,8-1244 saliendo del Pueblo de Namora hacia Cajamarca, 7º 12′ 09,5″ S y 78º 19′ 53,7″ W, 2761 m, 26-III-2013, *T. Mione, L. Yacher & S. Leiva 828* (CCSU; HAO); Km 1260,9-1261 ruta entre LLacanora-Cajamarca, 7º 11′ 95,2″ S y 78º 25′ 78,7″ W, 2751 m, 26-III-2013, *S. Leiva, T. Mione & L. Yacher 5423* (CCSU; CORD; F; HAO; MO); Km 1260,9-1261 ruta entre LLacanora-Cajamarca, 7º 11′ 95,2″ S y 78º 25′ 78,7″ W, 2751 m, 26-III-2013, *T. Mione, L. Yacher & S. Leiva 830* (CCSU, HAO).

Jaltomata athahuallpae S. Leiva & Mione es afín a su especie hermana *Jaltomata lanata* S. Leiva & Mione (ver Mione, Leiva & Yacher, 2007), propia del caserío El Sangal, en los alrededores de la Ciudad de San Pablo y en la ruta El Sangal-San Pablo, Dpto. Cajamarca, Perú, entre los 1850-2400 m de elevación porque ambas tienen la corola tubular-rotada, pubescente rodeada por una cobertura de pelos simples o ramificados transparentes externamente, glabra interiormente, 8-13 mm de diámetro del limbo de la corola en la antésis, filamentos estaminales homodínamos, área libre de los filamentos estaminales blanco-cremosos, pubescentes rodeados por una densa cobertura de pelos simples transparentes que ocupan el 40-50% del área basal, anteras sin mucrón apical, estilo exerto blanco-cremoso, tallos jóvenes 4-5 angulosos, arbustos de 0,60-1 (-1,20) m de alto; pero *Jaltomata athahuallpae* se caracteriza

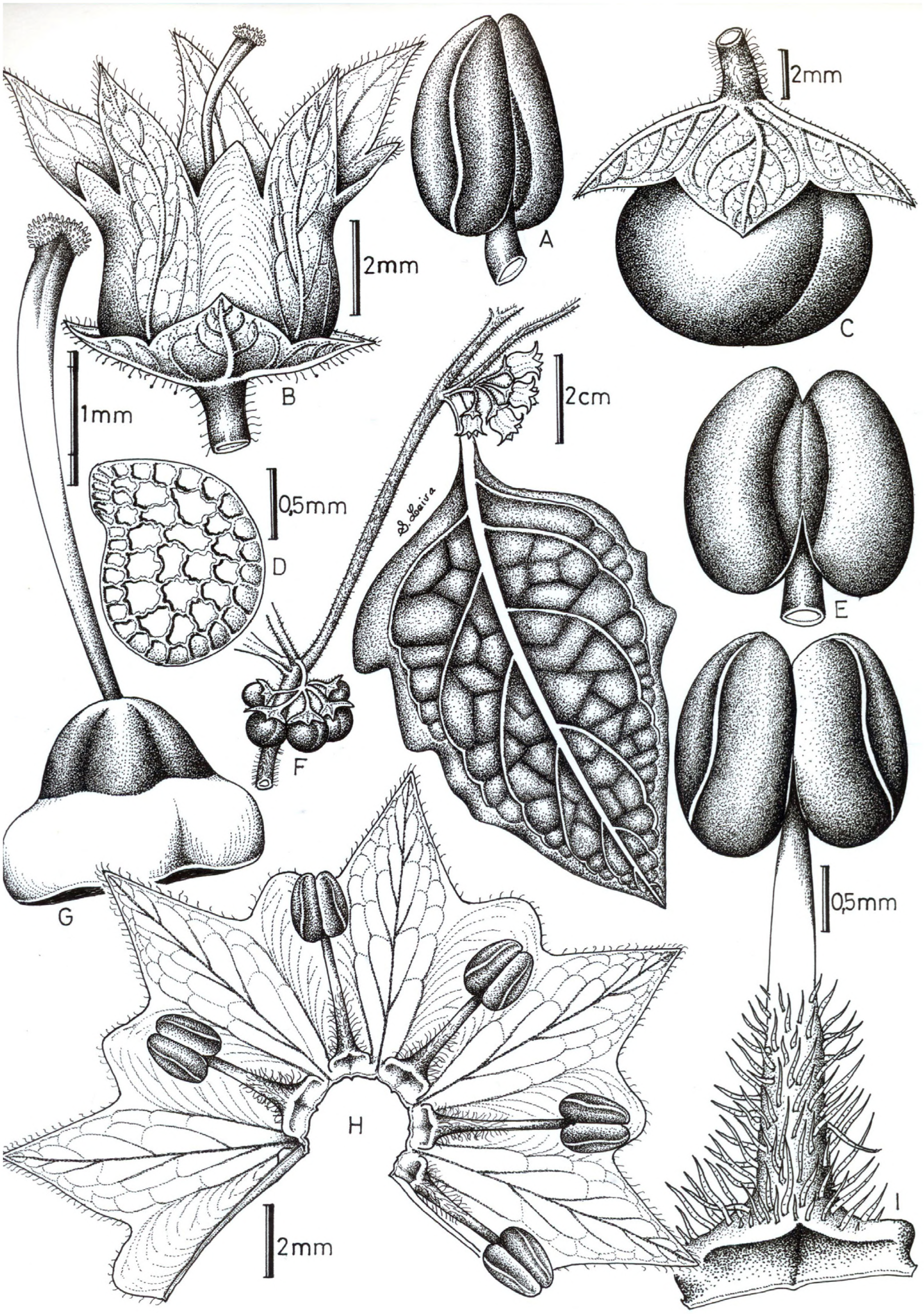


Fig. 1. ***Jaltomata athahuallpae*** S. Leiva & Mione. A. Antera en vista lateral; B. Flor en antésis; C. Baya; D. Semilla; E. Antera en vista dorsal; F. Rama florífera; G. Gineceo; H. Corola desplegada; I. Estambre en vista ventral. (Dibujado de S. Leiva, T. Mione & L. Yacher 5421, HAO y CCSU).

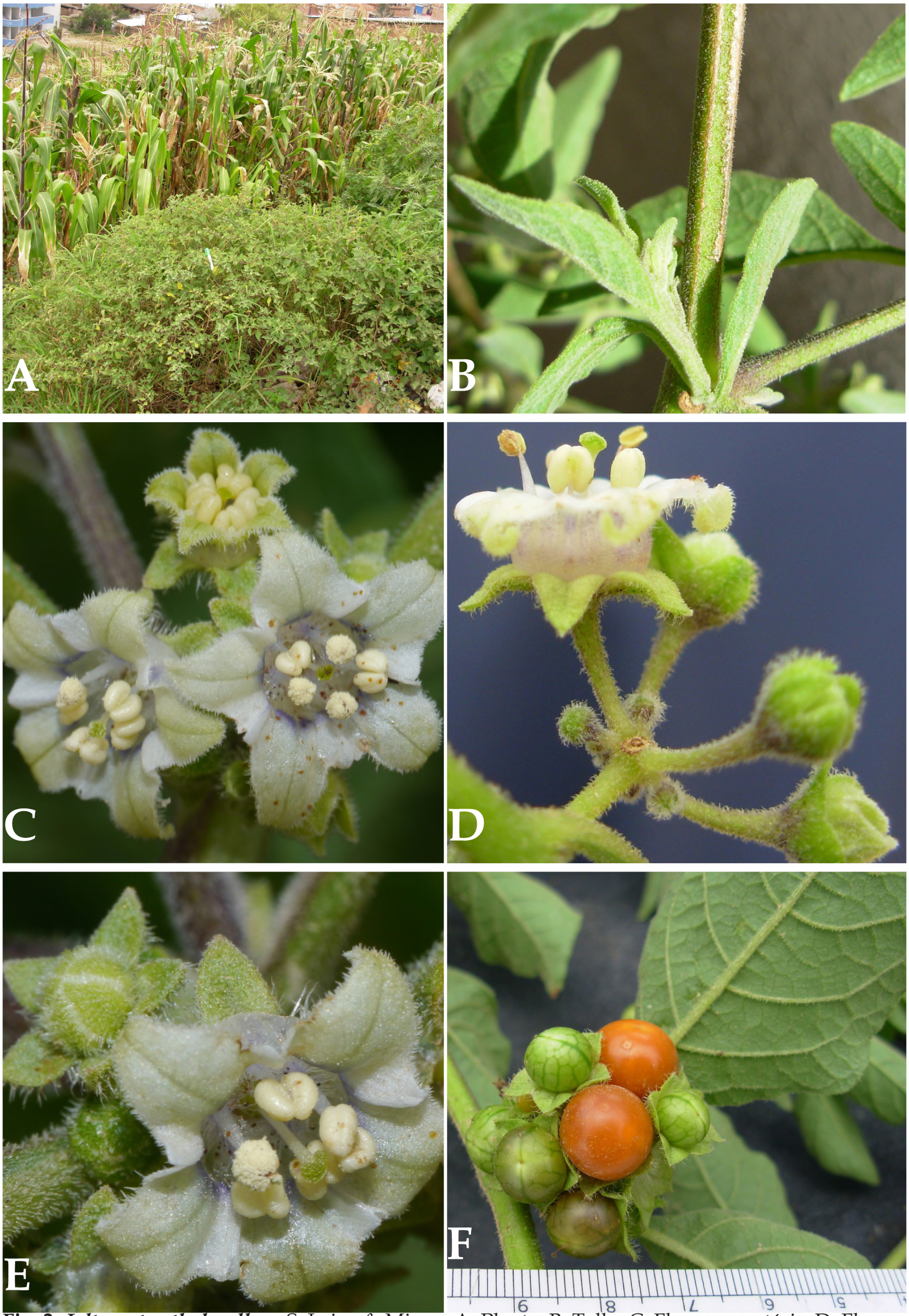


Fig. 2. ***Jaltomata athahuallpae*** S. Leiva & Mione. A. Planta; B. Tallo; C. Flores en antésis; D. Flor en vista lateral; E. Flor en antésis; F. Bayas maduras e inmaduras. (Fotografías de T. Mione, S. Leiva, & L. Yacher 5421, HAO y CCSU).

por presentar corola sin anillo púrpura y sin máculas verdes interiormente, limbo de la corola 10-lobulado, 5 lóbulos mayores que alternan con otros 5 menores, estambres conniventes, anteras amarillentas, ovario con disco nectarífero cremoso, 10-15 (-20) flores por nudo, pedicelos rodeados por una densa cobertura de pelos glandulares transparentes, cáliz pubescente rodeado por una densa cobertura de pelos glandulares transparentes externamente, tallos jóvenes pubescentes rodeados por una densa cobertura de pelos glandulares transparentes. En cambio, *Jaltomata lanata* tiene la corola con un anillo púrpura y 10 máculas verdes en el área basal interiormente, limbo de la corola 5-lobulada, estambres nunca conniventes, anteras blanco-cremosas, ovario con disco nectarífero anaranjado-amarillento, (4-) 7-8 (-13) flores por nudo, pedicelos rodeados por una densa cobertura de pelos ramificados transparentes, cáliz pubescente rodeado por una densa cobertura de pelos ramificados transparentes externamente, tallos jóvenes lanosos rodeados por una densa cobertura de pelos ramificados transparentes.

Distribución y ecología: Especie con distribución relativamente restringida y aparentemente endémica a la ruta de recolección en donde es abundante. A pesar de haberse efectuado recolecciones aledañas, solamente a sido encontrada entre los kms 1243,8-1244 saliendo del Pueblo de Namora hacia Cajamarca, y el Km 1260,9-1261 ruta entre LLacanora-Cajamarca, Prov. Cajamarca, Dpto. Cajamarca, Perú, a los 7º 11′ 95,2″-7º 12′ 09,5″ S y 78º 25′ 78,7″-78º 19′ 53,7″ W, y entre los 2751-2771 m de elevación, como un integrante de la vegetación herbácea y arbustiva de los bordes de carreteras, caminos, cercos de chacras, acequias, prefiere suelos húmedos, profundos, arcillosos, a veces pedregosos, con abundante humus, y vive asociada con plantas de: *Rumex crispus* L. "acelga" (Polygonaceae), *Rubus floribundus* Kunth "zarzamora" (Rosaceae), *Pelargonium* x *hortorum* L. H. Bailey "geranio" (Geraniaceae), *Pennisetum clandestinum* Hochst. Ex Chiov. "grama" (Poaceae), *Eucalyptus globulus* Labill. "eucalipto" (Myrtaceae), *Austrocylindropuntia subulata* (Muehlenpf.) Backeb. "caracasha" (Cactaceae), *Agave americacna* L. "penca" (Asparagacae), entre otras.

Fenología: Es una especie perenne, que brota con las primeras lluvias de noviembre o diciembre, para luego florecer y fructificar desde el mes de febrero hasta el mes de abril o mayo.

Estado actual: Utilizando los criterios del IUCN (IUCN 2012) *Jaltomata athahuallpae* es considerada en peligro crítico (CR). La extensión de su rango de distribución es de un radio menor a 100 km^2 en la ruta entre Namora y LLacanora siendo éstas las únicas localidades donde se ha recolectado (Criterio B1). Asimismo, se han encontrado menos de 100 individuos maduros en la población (Criterio D), siendo influenciada directamente por el centro urbano que transita por la carretera. Sin embargo, no se ha evaluado si existe una declinación del rango de distribución y del área de ocupación, siendo de necesidad urgente de un estudio en profundidad de la ecología, estructura poblacional y distribución de esta especie, para esclarecer su estado de conservación.

Nombre vulgar: "tomatito" (En boleta, S. Leiva, T. Mione & L. Yacher 5421, HAO)

Etimología: El epíteto específico hace alusión al último Inca (Atahualpa) líder, capturado y sacrificado en la Ciudad de Cajamarca, quien gobernaba el famoso imperio del Tahuantinsuyo que se extendía

desde Pasto en Colombia por el norte hasta el Río Maule en Chile y Tucumán en Argentina por el sur.

Usos: Las bayas maduras anaranjadas, son consumidas por los pobladores, especialmente los niños pastores, como frutas frescas, por ser agradables y exquisitas.

Agradecimientos

Nuestra gratitud a las autoridades de la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo, por su constante apoyo y facilidades para la realización de las expediciones botánicas. A la Red Latinoamericana de Botánica (RLB) por la beca otorgada al primer autor (S. L. G.) para su viaje al Museo Botánico de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, para realizar estudios de perfeccionamiento en la familia Solanáceas, bajo la tutoría de dos destacados maestros quien fuera el profesor Ing. Armando T. Hunziker y el Dr. Gabriel Bernardello. Nuestro reconocimiento al prof. Luis Chang Chávez, del Museo de Historia Natural y Cultural de la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo, Perú, por su ayuda en la redacción del abstract y la diagnosis.

Literatura citada

D'Arcy, W.G. 1986. The Genera of Solanaceae and their types. Solanaceae Newsletter 2(4): 10-33.

D'Arcy, W.G. 1991. The Solanaceae since 1976, with a Review of its Biogeography. *In* J. G. Hawkes, R. N. Lester, M. Nee and N. Estrada (eds.). Solanaceae III. Taxonomy, Chemistry, Evolution, pp. 75-137. The Royal Botanic Gardens Kew, Richmond. Surrey, UK for The Linnean Society of London.

Davis, T. 1980. The generic relationship of *Saracha* and *Jaltomata* (Solanaceae: Solaneae). Rhodora 82: 345-352.

Hunziker, A. 1979. South American Solanaceae: a Synoptic Survey. *In* J. G. Hawkes, R. N. Lester and A. D. Shelding (eds.). The Biology and Taxonomy of the Solanaceae. pp. 49-85. Linnean Society Symposium Series NE 7 Academic Press, London and New York.

Hunziker, A. T. 2001. Genera Solanacearum. A. R. G. Ganther Verlag. K. G. Alemania. 500 pp

IUCN. 2012. The IUCN Red List of threatened species, version 2012.1. IUCN Red List Unit, Cambridge, UK, Available from: http://www.iucnredlist.org/ (accessed: 16 abril 2013).

Leiva, S.; T. Mione & V. Quipuscoa. 1998. Cuatro nuevas especies de *Jaltomata* Schlechtendal (Solanaceae: Solaneae) del Norte de Perú. Arnaldoa 5 (2): 179-192.

Leiva, S. & T. Mione. 1999. Dos nuevas especies de *Jaltomata* Schlechtendal (Solanaceae-Solaneae) del Norte de Perú. Arnaldoa 6 (1): 65-74.

Leiva, S.; T. Mione & L. Yacher. 2007. Cuatro nuevas especies de *Jaltomata* Schlechtendal (Solanaceae) del Norte del Perú. Arnaldoa 14 (2): 219-238.

Leiva, S.; T. Mione & L. Yacher. 2008. Dos nuevas especies de *Jaltomata* Schlechtendal (Solanaceae) del Norte del Perú Arnaldoa 15 (2): 185-196.

Leiva, S.; T. Mione & L. Yacher. 2010. *Jaltomata parviflora* (Solanaceae) una nueva especie del Norte del Perú, Arnaldoa 17 (1): 33-39.

Leiva, S.; T. Mione & L. Yacher. 2010. Modillonia una nueva sección de *Jaltomata* Schlechtendal (Solanaceae) con una nueva especie del Norte del Perú, Arnaldoa 17 (2): 163-171.

Leiva, S.; T. Mione & L. Yacher. 2013. *Jaltomata huancabambae* y *Jaltomata incahuasina* (Solanaceae) dos nuevas especies del Norte del Perú, Arnaldoa 20 (2) 265-280.

Leiva, S.; T. Mione & L. Yacher. 2014. *Jaltomata angasmarcae* y *Jaltomata pauciseminata* (Solanaceae) dos nuevas especies del Norte del Perú, Arnaldoa 21 (1): 25-40.

Leiva, S. 2006. *Jaltomata alviteziana* y *Jaltomata dilloniana* (Solanaceae) dos nuevas especies de los Andes del Perú. Arnaldoa 13(2): 282-289.

Knapp, S.; T. Mione & A. Sagástegui. 1991. A new species of *Jaltomata* (Solanaceae) from northwestern Perú. Brittonia 43 (3): 181-184.

Mione, T. 1992. Systematics and evolution of *Jaltomata* (Solanaceae) Ph. D. dissertation, University of Connecticut Storrs, CT.

Mione, T. & F. Coe. 1992. Two new combinations in Pe-

ruvian *Jaltomata* (Solanaceae) Novon 2: 383-384.

Mione, T.; G. Anderson & M. Nee. 1993. *Jaltomata* I: circumscription, description and new combinations for five South American species (Solaneae, Solanaceae). Brittonia, 45(2): 138-145.

Mione, T.; R. Olmstead; R. Jansen & G. Anderson. 1994. Systematic implications of chloroplast DNA variation in *Jaltomata* and selected physaloid genera (Solanaceae), American Journal of Botany 81 (7): 912-918.

Mione, T. & L. A. Coe. 1996. *Jaltomata sagastegui* and *Jaltomata cajamarca* (Solanaceae), two new shrubs from Northem Peru. Novon 6: 280-284.

Mione, T. & S. Leiva. 1997. A new Peruvian species of *Jaltomata* (Solanaceae) with Blood-Red Floral Nectar. Rhodora 99 (900): 283-286.

Mione, T.; S. Leiva & L. Yacher. 2000. Three new species of *Jaltomata* (Solanaceae) from Ancash, Peru. Novon 10 (1): 53-59.

Mione, T.; S. Leiva & L. Yacher. 2004. *Jaltomata andersonii* (Solanaceae): a new species of Peru. Rhodora 106 (926): 118-123.

Mione, T.; S. Leiva & L. Yacher. 2007. Five new species of *Jaltomata* (Solanaceae) from Cajamarca, Peru. Novon 17: 49-58.

Mione, T.; S. Leiva; L. Yacher & A. Cameron. 2011. *Jaltomata atiquipa* (Solanaceae): a new species of Sourthern Peru. Phytologia 93 (2): 203-207.

Mione, T.; S. Leiva & L. Yacher. 2013. *Jaltomata spooneri* (Solanaceae): a new species of Southern Peru. Phytologia 95 (2): 167-171.

Nee, M. 1996. Solanaceae I. Flora de Veracruz, fascículo 49. Instituto de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Xalapa, Veracruz, México.

Olmstead, R.; L. Bohs; H. Abdel; E. Santiago-Valentin; V. García & S. Collier. 2008. A molecular phylogeny of the Solanaceae. Taxon 57 (4): 1159-1181.

Särkinen, T.; L. Bohs; R. G. Olmstead & S. Knapp. 2013. A phylogenetic framework study of the nightshades (Solanaceae): a dated 1000-tip tree. BMC Evolutionary Biology 13: 214. http://dx.doi.org/10.1186/1471-2148-13-214.

Thiers, B. 2013. [continuamente actualizada]. Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium.

http://sweetgum.nybg.org/ih/ (accedido en septiembre de 2013).

Arnaldoa 21 (2): 305 - 316, 2014 ISSN: 1815-8242

Método alométrico para estimar el área foliar de "valeriana" (*Valeriana pilosa* Ruiz & Pav.) al estado silvestre

Allometric method for estimating leaf area of "valeriana" (*Valeriana pilosa* Ruiz & Pav.) in wild species

Joanna M. Rojas Murillo & Juan F. Seminario Cunya
Programa de Raíces y Tubérculos Andinos
Facultad de Ciencias Agrarias,
Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.
jfseminario@yahoo.es

Resumen

Se encontró un método no destructivo para estimar del área foliar de "valeriana" (*Valeriana pilosa* Ruiz & Pav.) al estado silvestre, utilizando el largo y el ancho mayor de la lámina foliar. Se tomó una muestra de 564 hojas (de 53 matas en floración) de diferente edad y posición en la planta. Se dibujaron las siluetas de las hojas frescas, sobre papel y en ellas se midió el largo y el ancho mayor de la lámina. El área medida (o real) de la lámina se determinó con planímetro. Con el área medida (como variable dependiente) y los valores de largo, ancho, largo al cuadrado, ancho al cuadrado y largo/ancho (como variables independientes), se realizó el análisis de correlación y regresión, hasta encontrar la ecuación de mayor ajuste (r y r^2, más altos). La ecuación que estima mejor el área foliar en esta especie al estado silvestre es A = 0.6161 (L x W) + 2.4039 (r^2 = 0.94, DS: 10.58).

Palabras clave: *Valeriana pilosa*, área foliar, alometría.

Abstract

A non-destructive method to estimate leaf area of "valerian" (*Valeriana pilosa* Ruiz & Pav.) in wild species, using the length and width of the largest leaf blade was found. A sample of 564 leaves (of 53 flowering plants) of different age and position on the plant was taken. Silhouettes of fresh leaves were drawn on paper and in them the length and width of the sheet was measured. The measured area (or real area) of the sheet was determined with a planimeter. With the measured area (dependent variable) and the values of length, width, squared length, squared width and length/width (independent variables), a correlation and regression analysis were performed to find the equation of greater adjustment (higher r and ^{r2}). The equation that best estimate leaf area in this species in the wild is A = 0.6161 (L x W) + 2.4039 (^{r2} = 0.94, SD: 10.58).

Keywords: *Valeriana pilosa*, leaf area, allometry.

Introducción

El análisis del crecimiento de las plantas requiere de la medida de dos variables, evaluadas a intervalos definidos: el área foliar (AF) y el peso seco (PS). Con estos dos valores, se derivan mediante cálculo, los índices de crecimiento de la planta individual (tasas absoluta y relativa de crecimiento, tasa de asimilación neta, razón de área foliar, área específica foliar, peso específico foliar) o de la población (índice de área foliar, duración del área foliar, tasa de crecimiento del cultivo, tasa de asimilación neta, coeficiente de partición o índice de cosecha) (Hunt, 1978; Gardner *et al.*, 1985). Mientras que el AF representa el sistema asimilatorio que elabora la materia seca, el PS, medido en un momento determinado, representa aproximadamente (incluye los minerales) la fotosíntesis neta total de la planta, o de la población, en la cual, se ha descontado el gasto por respiración.

Por este motivo, la medida del AF es fundamental para entender los procesos y relaciones entre ésta y la materia seca formada, y su asignación o partición a los órganos, en momentos claves del crecimiento. Asimismo, es útil para estudiar esta asignación de la materia seca, como respuesta a diversos tratamientos agronómicos o ambientales.

Se han desarrollado diversos métodos para medir o estimar el área de las hojas individuales, como base para obtener el AF total de una planta. Estos métodos se clasifican en destructivos y no destructivos. Los primeros, llamados directos, son aquellos que requieren desprender las hojas de la planta. Los no destructivos o indirectos, son aquellos que no requieren el desprendimiento de las hojas, sino que, permiten estimar el AF, con alto grado de

aproximación (Stickler *et al.,* 1961; Mendoza *et al.*, 1984).

Uno de los métodos prácticos y no destructivos, usado frecuentemente para estimar el área foliar de una planta, se sintetiza en emplear, por un lado, el área foliar real –AR– (medida), obtenida de una muestra de hojas (o foliolos), mediante cualesquiera de los métodos destructivos conocidos (cuadrículas, razón peso fresco/área, dibujo y pesadas de papel, planímetro, integrador fotoeléctrico de área, entre otros). Por otro lado, en el empleo de las dimensiones largo (L) y ancho (W), de las láminas de las hojas (o de los foliolos, según el tipo de hoja). Estas dimensiones se pueden usar individualmente, como productos de éstas (L x W), como cocientes (L/W, W/L) o como potencias (L^2, W^2).

Con estas tres variables básicas, L y W (independientes) y, AR (dependiente), bajo el supuesto teórico de que éstas se relacionan alométricamente (Gardner *et al.*, 1985, Rodríguez & Leihner, 2006), se trata de encontrar, mediante correlaciones y regresiones estadísticas, la ecuación que presenta el mejor ajuste. Los indicadores principales son el coeficiente de correlación (r) y el coeficiente de determinación (r^2). Si r es cercano a 1, indica una la relación entre variables y si r^2 es cercano a 1, igualmente indica una relación muy alta o perfecta, de modo que, la variable independiente que interviene en la ecuación, estima en alto grado el área de la hoja. Esto implica que los valores de la variable independiente (medidas lineales) permiten estimar los valores de la variable dependiente (área foliar).

En 1911, E. G. Montgomery en Nebraska, fue el pionero es estos estudios. Mediante correlaciones estadísticas encontró que se puede estimar el área foliar de las hojas de "maíz" con la ecuación: Ah = 0.75 (L x W). Donde Ah = área de la hoja, L = largo de la lámina y W=ancho máximo de la lámina (Montgomery, 1911). En las últimas décadas, siguiendo procedimientos similares y con las medidas lineales de las hojas, se han generado factores o ecuaciones para estimar el AF, con alto nivel de aproximación y ajuste, para múltiples especies y variedades agrícolas: *Sorgum* sp. (Stickler *et al.*, 1961), *Ricinus communis* (Jain & Misra, 1966), *Helianthus annuus* (Schneiter, 1978; Solórzano, 2000), *Cucurbita pepo* (Fargo *et al.*, 1986), *Canna indica* (Kato *et al.*, 1989, Seminario *et al.*, 2001), Bhatt & Chanda, 2003), *Solanum tuberosum* (Fleisher & Timlim, 2006; Jerez *et al.,* 2014), *Dalhia pinnata, Dianthus barbatus, Pelargonium* x *hortorum, Petunia* x *hybrida,* y *Viola wiltrockiana* (Giufrida *et al.*, 2011), *Coffea arabica* (Zambom *et al.*, 2011). También en especies forestales: *Alnus acuminata, Escallonia pendula* y *Quercus humboldtii* (Cabezas-Gutierrez *et al.*, 2009).

Valeriana pilosa Ruiz & Pav. es una planta medicinal silvestre (Fig. 1) que crece en la Jalca de Cajamarca (y otras regiones del Perú), entre los 3200 y 4200 msnm (Ramírez *et al.*, 2006). Se recolecta y se exporta hacia los mercados de la costa, en donde se procesa y presenta en diversas formas (triturada, jarabe, filtrante, tintura). Debido a que las áreas naturales donde crece son intervenidas crecientemente por la ganadería, la minería y la agricultura y, también por la excesiva recolección (y ante la falta de planes de manejo), la planta es cada vez más vulnerable.

La conservación y uso sostenibles de esta planta implica su domesticación, mediante la incorporación a los sistemas de cultivo. Sin embargo, este proceso requiere generar conocimientos sobre su biología y agronomía para mejorar la producción de rizomas y raíces que son las partes de

interés económico.

En consecuencia, es importante conocer el comportamiento de la planta, antes y durante el proceso de domesticación y un aspecto fundamental es conocer los cambios del sistema asimilatorio, para lo cual, es necesario contar con procedimientos prácticos, económicos, rápidos y no destructivos para estimar el área foliar.

Bajo estas consideraciones, la presente investigación se enfocó a buscar una ecuación alométrica que permita estimar el área de las hojas de *Valerina pilosa* Ruiz & Pav. en su estado silvestre, usando las dimensiones largo y ancho de lámina.

Material y métodos

La investigación se realizó en el Programa de Raíces y Tubérculos Andinos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca (distrito, provincia y departamento de Cajamarca). Esta institución se ubica a 3.5 km de la ciudad de Cajamarca (7º 10`LS, 78º 30`LW, 2650 m, 14° C de temperatura media 65% HR, precipitación promedio anual 650).

Se trabajó con hojas maduras de plantas de "valeriana" crecidas en estado silvestre, en la localidad de Campo Alegre, Centro Poblado de Huanico, distrito de Namora, provincia de Cajamarca. Se recolectaron al azar, 53 matas y de ellas, se obtuvieron 564 hojas, de diferente edad, tamaño y posición en la planta. Estas hojas, fueron dibujadas inmediatamente, en papel de grosor uniforme.

El área de estas siluetas (área real de las láminas) se midió mediante un planímetro mecánico (Carady, 9795), siguiendo las instrucciones del fabricante. El valor obtenido es la variable dependiente que se usó para la estimación del área de las hojas, mediante ecuaciones alométricas (correlación y regresión), con intervención del largo y ancho de las láminas.

La estimación del área de las láminas mediante el análisis de correlación lineal simple, se basó en los siguientes presupuestos teóricos y siguiendo a autores e investigaciones previas (Robles, 1980; Infante & Zárate, 1984; Schneiter, 1978; Solórzano, 2000; Kato *et al.*, 1989; Seminario *et al.,* 2001; Bhatt & Chanda, 2003): La correlación entre dos variables, está dada por la siguiente ecuación: $y = a + bx$. En donde "y" es la variable dependiente y "x" es la variable independiente. Es decir, en nuestro caso, esa notación se convierte en: $A = a + bx$. En donde A = el área de la hoja, "x" es cualquiera de las medidas lineales, su producto, u otra combinación, a y b son constantes.

Entonces, por un lado tenemos el área foliar real (AR) de cada hoja, obtenido mediante el método del planímetro. Por otro lado, tenemos las medidas del largo (L) y ancho mayor (W) reales de las hojas (medidas en las siluetas dibujadas en papel). Si encontramos una alta correlación (r cercano a 1) del AR con una de las medidas lineales, con el producto de éstas (L x W), o con cualquier otro valor o combinación que involucre estas medidas (por ejemplo L^2, W^2, L/W), quiere decir que las variables están estrechamente relacionadas. Por otro lado, si la posición de la línea de regresión es positiva y el r^2 es alto significa que la variable independiente (medidas lineales) permite estimar el valor de la variable dependiente (AR). Entonces, habremos encontrado, una ecuación alométrica que estima el área de las hojas problema. Así, tendremos el área estimada (AE) de cada hoja.

Las dimensiones de las hojas se obtuvieron del siguiente modo: La silueta de cada hoja fresca (previamente numerada)

fue dibujada en papel. Luego se midió con una regla, las dimensiones de largo (L) y ancho mayor (W) (Fig. 2A). Estos valores, correspondientes a cada hoja, fueron introducidos en la misma tabla en Excel anteriormente estructurada para el área real (con planímetro).

En la misma hoja de cálculo, se determinaron los valores de L x W, L^2, W^2, L/W y se colocaron en sus respectivas columnas. Es decir, la hoja de cálculo comprendía los datos que se describen en la Tabla 1.

Enseguida, se procedió a hacer el análisis de correlación y regresión del siguiente modo:

Tabla 1. Formato de tabla en donde se acopiaron los datos de las medidas lineales, sus combinaciones y el área real medida con el planímetro.

N° de mata	N° de hoja	L (cm)	W (cm)	L x W	L^2	W^2	L/W	Área real (medida)

L = largo de hoja, W = ancho mayor de la hoja.

Siguiendo el procedimiento de varios autores (Solórzano, 1976; Ascencio, 1985; Kato *et al.*, 1989; Seminario *et al.*, 2001; Astegiano *et al.*, 2001; Martín *et al.*, 2006), se hicieron correlaciones entre las medidas lineales de las hojas (variables independientes) y el AR (variable dependiente), hasta encontrar un coeficiente de correlación que indique la más alta relación entre las variables. El análisis de correlación se justifica por cuanto se asume que la distribución de las dos variables se acerca a la normal y las dos variables son continuas y provienen de plantas tomadas al azar, en una población natural.

La mejor correlación entre dos variables es aquella en la cual, el coeficiente de correlación "r" es cercano a +1 ó -1. Por otro lado, al analizar dos variables de esta naturaleza, se produce una ecuación de regresión que describe matemáticamente esta relación. Consecuentemente, se obtiene una línea de regresión cuya pendiente, indica el grado de relación entre variables. En otras palabras, a mayor pendiente, mayor relación entre variables. Es decir, si encontramos una ecuación con estas características, ésta será la que estima mejor el AR de cada hoja. Además, se tendrá una coeficiente de determinación (r^2) alto.

Resultados y discusión

Área real, largo, ancho y otros valores combinados de las hojas de "valeriana"

Las medidas lineales y sus derivaciones presentan variación importante, esto es explicable tratándose de una planta silvestre, no influenciada por el síndrome de la domesticación. La variación se refleja también, en los valores extremos y medios de los parámetros considerados, como se presentan en la Tabla 2.

Estimación del área foliar mediante el análisis de correlación

La correlación entre lago de las hojas y el AR indicó, que existe alta asociación entre estas variables (r = 0.87). La pendiente de la línea de regresión y el valor del coeficiente de determinación (r^2 = 0.75) (Fig. 2B), indican que ambas variables están altamente relacionadas. Además, significa que el área de la hoja se explica en un 87% por largo de la lámina y la parte restante se explica por otros factores no conocidos. La correlación

Tabla 2. Valores del largo (L), ancho (W), relación W^2, L^2, L/W y área real de las hojas de valeriana.

Variables	Mínimo	Máximo	Promedio	DS
L (cm)	3.60	18.60	10.90	20.41
W (cm)	1.00	5.00	2.42	22.40
L^2 (cm2)	12.96	345.96	126.75	21.53
W^2 (cm^2)	1.00	25.00	6.24	27.03
L/W	2.12	7.81	4.60	64.34
L x W (cm^2)	4.8	61.38	27.51	10.58
Área real* (cm^2)	3.67	43.46	19.35	7.69

DS = Desviación estándar. * medida con planímetro. Muestra: 564 hojas.

entre el área estimada con el largo de la hoja y área real (medida) indicó igualmente alta asociación entre ambas (r^2 = 0.75).

En la Fig. 2C se presenta la correlación entre el ancho de la hoja (W) y el AR. La línea de regresión y el coeficiente correlación (r = 89) indican alta correlación entre las variables, y ligeramente más alta que cuando se correlaciona el largo de la hoja con el AR. El coeficiente de determinación (r^2 = 0.79) indica que el 79% de la variación de AR se explica por el ancho de la hoja. La correlación entre el área real y el área estimada mediante el W de las hojas indicó alta relación entre ambas (r^2 = 0.79) y similitud entre sus valores.

La línea de regresión y el valor de r = 0.86, cuando se correlaciona el AR y el largo de las hojas al cuadrado (L^2) (Fig. 2D) indicaron alta asociación entre estas variables, aunque ligeramente menor que en el caso anterior. El coeficiente de determinación (r^2 = 0.74) implica que el 74% del área real se explica por el L^2 y el resto por otros factores. La correlación entre el área real y el área estimada con intervención del L^2 siguió la tendencia de los casos anteriores. Es decir, sus valores fueron cercanos (r^2=0.74), pero el ajuste fue menor que en los casos precedentes.

La correlación entre el área real y el ancho de las hojas al cuadrado (W^2) (Fig. 2E) indica alta relación entre variables. El valor de r^2 = 075, implica que el 75% del área está determinado por el W^2 y el resto por otros factores desconocidos. Asimismo, la correlación entre el AR y el área estimada con intervención del W^2 indicó que ambas están altamente correlacionadas, pero, el grado de ajuste fue similar que cuando interviene el L^2.

Cuando se correlacionó el AR con el cociente de L/W (Fig. 2F), se encontró que el valor r = 0 y la pendiente de la línea de regresión, indica que no existe asociación entre estas variables. Asimismo, el valor indeterminado de r^2 indica que los valores de L/W no explican los valores de AR. La correlación del área real con el área estimada con intervención de este factor siguió la misma tendencia. Por lo tanto, no es posible estimar el área foliar con intervención de este cociente.

Finalmente, cuando se correlacionó entre el AR y el producto de L x W (largo x ancho de láminas) se encontró que el coeficiente de correlación (r = 0.97), indicó una asociación muy alta entre estas variables. A la vez, esta correlación es la más alta entre todas las pruebas realizadas. Por otro lado, la pendiente de la línea de regresión y el valor de r^2 (Fig. 2G) indicó que el 94% del área real se explica por el producto de L x W y el resto

por otros factores desconocidos. Asimismo, la regresión entre el AR y el área estimada mediante el producto de L x W (Fig. 2H), se encontró muy alta correlación. El $r^2 = 0.94$), indica que el 94% del AR se explica por el área estimada y que es posible predecir los valores del AR a través de los valores de L x W.

De lo anterior se infiere que, la mejor estimación del área de las hojas de "valeriana" se obtiene mediante el producto del L x W (como variable independiente). Este resultado se explica por tratarse de una hoja de forma regular, en donde la relación entre las medidas de L, W y AR sigue una misma tendencia. Se trata de un caso de isometría, en donde las variables crecen a la misma tasa, manteniendo un tamaño proporcional constante (aunque de tamaño absoluto diferente) (Shingleton, 2010). En otras especies, cuya hoja o foliolo es de forma regular, también se ha encontrado que la mejor forma de estimar el área, es mediante la intervención del producto del largo por el ancho. Así por ejemplo, en "maíz" (Montgomery, 1911), "sorgo" (Stickler *et al.*, 1961; Solórzano, 2000), "achira" (Kato *et al.*, 1989 y Seminario *et al.*, 2001); "estevia" (Espita *et al.*, 2006), "caña de azúcar" (Mendez, 1993), "pimienta negra" (Partelli *et al.*, 2007), "mango" y "aguacatero" (Calderón, 2009), "papa" (Jerez *et al.*, 2014).

En la Tabla 3 se presenta el conjunto de las ecuaciones obtenidas en el proceso descrito. Como se puede observar, la ecuación que permite un mejor ajuste es $AE_6 = 0.6161$ (L x W) + 2.4039. El coeficiente de correlación ($r = 0.97$) y el coeficiente de determinación ($r^2 = 0.94$) son cercanos a 1, e indican muy alta asociación entre variables. La capacidad de ajuste se comprueba al correlacionar el área foliar real (AR) y el área estimada (AE) mediante el producto de L x W, en donde se obtuvo una correlación muy alta ($r^2 = 0.97$). Es decir, el área estimada representa de modo eficiente al área real. También se comprueba que el mejor grado de ajuste del área estimada respecto del área real, se obtiene con el producto de L x W (101 % ± 10.58). El valor de la DS, relativamente alto, puede explicarse porque se trata de una planta silvestre, en la cual, las medidas lineales de las hojas muestran alta variación.

Las otras ecuaciones, excepto en la que interviene el cociente L/W (la cual muestra que no existe correlación entre L/W y AR), también permiten estimar el área real, pero con menor capacidad de ajuste y con DS mucho más alto (20.41 a 27.03). Por lo tanto, son menos recomendable para estimar el área foliar de esta especie.

Conclusiones.

Tabla 3. Ecuaciones derivadas del análisis de correlación entre el área real y las dimensiones largo y ancho y, grado de estimación (%) del AR, en las hojas de "valeriana".

				Área estimada	
Variables	Ecuación	r	r^2	%	DS
L	A_1= 2.3839(L) + 2.6217	0.87	0.75	103	20.41
W	A_2 =10.883 (W) +6.9469	0.89	0.79	104	22.4
L^2	A_3 = 0.1092 (L^2) +5.5184	0.86	0.74	105	21.53
W^2	A_4 = 2.0576 (W^2) + 6.5072	0.87	0.75	106	27.03
L/W	A_5 = 0.0319(L/W) + 19.209	0	2 E -05	122	64.34
L x W	**A_6 = 0.6161(LxW) + 2.4039**	**0.97**	**0.94**	**101**	**10.58,**

La ecuación alométrica que mejor estima el área de las hojas de *V. pilosa* al estado silvestre es A = 0.6161 (L W) + 2.4039 (r^2 = 0.95, DS: 10.58).

El procedimiento para estimar el área foliar de las matas de esta especie, es medir el largo y el ancho máximo de las láminas y aplicar la ecuación antes mencionada. De este modo, se obtiene el área de cada hoja y la sumatoria de las mismas, constituye el área foliar total.

Agradecimientos

Al Profesor Fabio L. Partelli (Universidad Estatal del Norte Fluminense Darcy Ribeiro–UENF–Brasil) por sus artículos sobre área foliar en "café" y "pimienta". A Segundo Cusquisiban por su apoyo en la toma de muestras en campo. A la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, por financiar parte del trabajo.

Literatura citada

Asencio, J. 1985. Determinación del área foliar en plantas de "caraota" (*Phaseolus vulgaris* L.), "yuca" (*Manihot esculenta*) Crantz) y "batata" (*Ipomoea batatas* L.) utilizando dimensiones lineales y de peso seco de las hojas. Turrialba 35 (1): 55-64.

Astegiano, E.; J. Favaro & C. Bouzo. 2001. Estimación del área foliar en distintos cultivares de "tomate" (*Lycopersicon esculentum* Mill.) utilizando medidas foliares lineales. Inv. Agr.: Prot. Veg. 16 (2): 249 – 256. Consultado 18-05-13. Disponible en http://www.inia.es/gcontrec/pub/asteg_1161157876500.pdf

Bhatt, M. & S. V. Chanda. 2003. Prediction of leaf area in *Phaseolus vulgaris* by non-destructive method. Bulg. J. Plant Physiol. 29 (1-2): 96-100. Consultado 20-05-14. Disponible en http://www.bio21.bas.bg/ipp/gapbfiles/v-29/03_1-2_96-100.pdf.

Cabezas-Gutierrez, M.; F. Peña; H. W. Duarte; J. F. Colorado & R. Lora. 2009. Un modelo para la estimación del área foliar en tres especies forestales de forma no destructiva. Actualidad & divulgación científica 12 (1): 121-130. Consultado 10-05-14. Disponible en http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v12n1/v12n1a13.

Calderón, A.; F. Soto; M. Calderón & L. R. Fundora. 2009. Estimación de área foliar en posturas de "mango" (*Manguifera indica* L.) y "aguacatero" (*Persea* spp.) en fase de vivero a partir de las medidas lineales de las hojas. Cultivos tropicales 30 (1): 43-48. Consultado 10-05-14. Disponible en http://www.redalyc.org/pdf/1932/193217899007.pdf.

Espita, M. M.; R. A. Montoya; J. R. Robles; C. C. Barbosa & C. A. Vergara. 2006. Modelo estadístico para estimación del área foliar en *Stevia rebaudiana* Bertoni en el Sinu Medio. Temas Agrarios 11 (2): 45-51. Consultado 25-06-14. Disponible en http://www.unicordoba.edu.co/revistas/rta/documentos/11-2/112-5.pdf.

Fargo, W.; E. Bonjour & T. Wagner. 1986. An estimation equation for squash leaf area using leaf measurements. Can. J. Plant. Sci. 66: 677-682. Consultado 12-06-14. Disponible en http://pubs.aic.ca/doi/pdf/10.4141/cjps86-089.

Fleisher, D. H. & D. Timlim. 2996. Modeling expansion of individual leaves in the potato canopy. Agricultural and Forest Meteorology 139:84-93. Consultado 15-06-14. Disponible en http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168192306001535.

Gardner, F. P.; R. B. Pearce & R. L. Mitchel. 1985. Physiology of crop plants. Iowa State University Press.

Giuffrida, F.; Y, Rouphael; S. Toscano; D. Scuderi; D. Romano; C. M. Rivera; G. Colla & C. Leonardi. 2011. A simple model for nondestructive leaf area estimation in bedding plants. Photosynthetica 49 (3): 380-388. Consultado 12-06-14. Disponible en ink.springer.com/article/10.1007/s11099-011-0041-z?no-access=true.

Hunt, R. 1978. Plant growth analysis. Studies in Biology Series No. 96. Edward Arnold Ltd., London, U.K. Pp. 23-25.

Jain, T. & D. Misra. 1966. Leaf area estimation by linear measurements in *Ricinus comunis*. Nature. Vol. 212: 741-742.

Jerez, E.; R. Martín & Y. Díaz. 2014. Estimación de la superficie foliar en dos variedades de "papa" (*Solanum tuberosum* L.) por métodos no destructivos. Cultivos Tropicales 35 (1): 57-61. Consultado 20-06-14. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S025859362014000100008&script=sci_arttext.

Infante, G. & G. Zárate. 1984. Métodos Estadísticos. Edit. Trillas S.A. MEX. Pp. 463-467, 513-515.

Kato, M.; K. Inthavongsa & K. Imai. 1989. An estimation of leaf area in edible Canna (*Canna edulis* Ker-Gawler.). Japan Jour. Crop Sci. 58 (4): 753 - 754.

Martín, G. M.; F. Soto; R. Rivera & M. Rentería. 2006. Estimación de la superficie foliar de la *Canavalia ensiformis* a partir de las medidas lineales de sus hojas. Cultivos Tropicales 27 (4): 70-80. Consultado 04-05-14. Disponible en http://www.redalyc.org/pdf/1932/193215912014.pdf.

Mendez, F. 1993. Determinación del área foliar en plantas de "caña de azúcar" variedad C323-68. Caña de Azúcar 11 (2). Consultado 30-06-14. Disponible en http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/canadeazucar/cana1102/texto/determinacion.htm.

Mendoza, L.; V. A. Gonzales & C J. Ortiz. 1984. Factores de conversión y tamaños de muestra en las estimaciones del área foliar en "maíz". Agrociencias, 58: 141-151.

Montgomery, E. G. 1911. Correlation studies in corn. Nebraska Agric. Exp. Sta. ann. Rep. 24:108-159.

Partelli, F. L.; H. D. Vieira & A. P. Viana. 2007. Estimativa da área foliar de pimienta do reino a partir de dimensôes do limbo foliar. Ciência Rural Santa María. 37 (5): 2458-1461.

Ramírez, J. P.; R. M. Terán; I. Sánchez & J. Seminario. 2006. Etnobotánica de la "valeriana" (*Valeriana* spp.) en la Jalca de Cajamarca, Perú. Arnaldoa 13 (2): 368-379.

Robles, C. R. 1980. Estadística. Editorial INIDE. 8 ed. Lima PER. 72 p.

Rodríguez, W. & D. Leihner. 2006. Análisis del crecimiento vegetal. Volumen 7, serie fisiología de la producción de los cultivos tropicales. Editorial Universidad de Costa Rica, San José, CR. 37 p.

Seminario, J.; M. Urteaga & S. Medina. 2001. Estimación del área foliar en seis morfotipos de "achira" comestible (*Canna edulis* Ker -Gawler) por método no destructivo. Arnaldoa (Perú). 8 (2): 67-80.

Shinglenton, A. 2010. Allometry: The study of biological scaling. Nature Education Knowledge 3(10): 2. Consultado 20-10-11. Disponible en http://www.nature.com/scitable/knowledge/library/allometry-the-study-of-biological-scaling-13228439.

Schneiter, A. 1978. Non destructive leaf area estimation in sunflower. Agronomy Journal.70: 141–142.

Solórzano, P. 2000. Determinación de área foliar en "sorgo granero" (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), a diferentes edades. Agronomía Tropical 26 (1): 39-45.

Stickler, F.; S. Wearden & A. Pauli. 1961. Leaf area determination in grain sorghum.Agr. Jour. 53: 187-188.

Zambon da Silva, W.; S. V. Batista Brinate; M. A. Tomaz; J. F. Texeira do Amaral; W. Nunez Rodríguez & L. Deleon Martins. 2011. Métodos de estimativa de área foliar em cafeeiro. Goiâna 7(13): 746-759. Consultado 13-05-2012. Disponible en http://www.conhecer.org.br/enciclop/2011b/ciencias%20agrarias/metodos.pdf.

ANEXO

Fig. 1: Detalles de la planta de *V. pilosa.* A. Plántulas generadas de semilla. B. Matas en floración, en su hábitat natural. C. Parte superior: rizoma. Parte inferior: raíces reservantes.

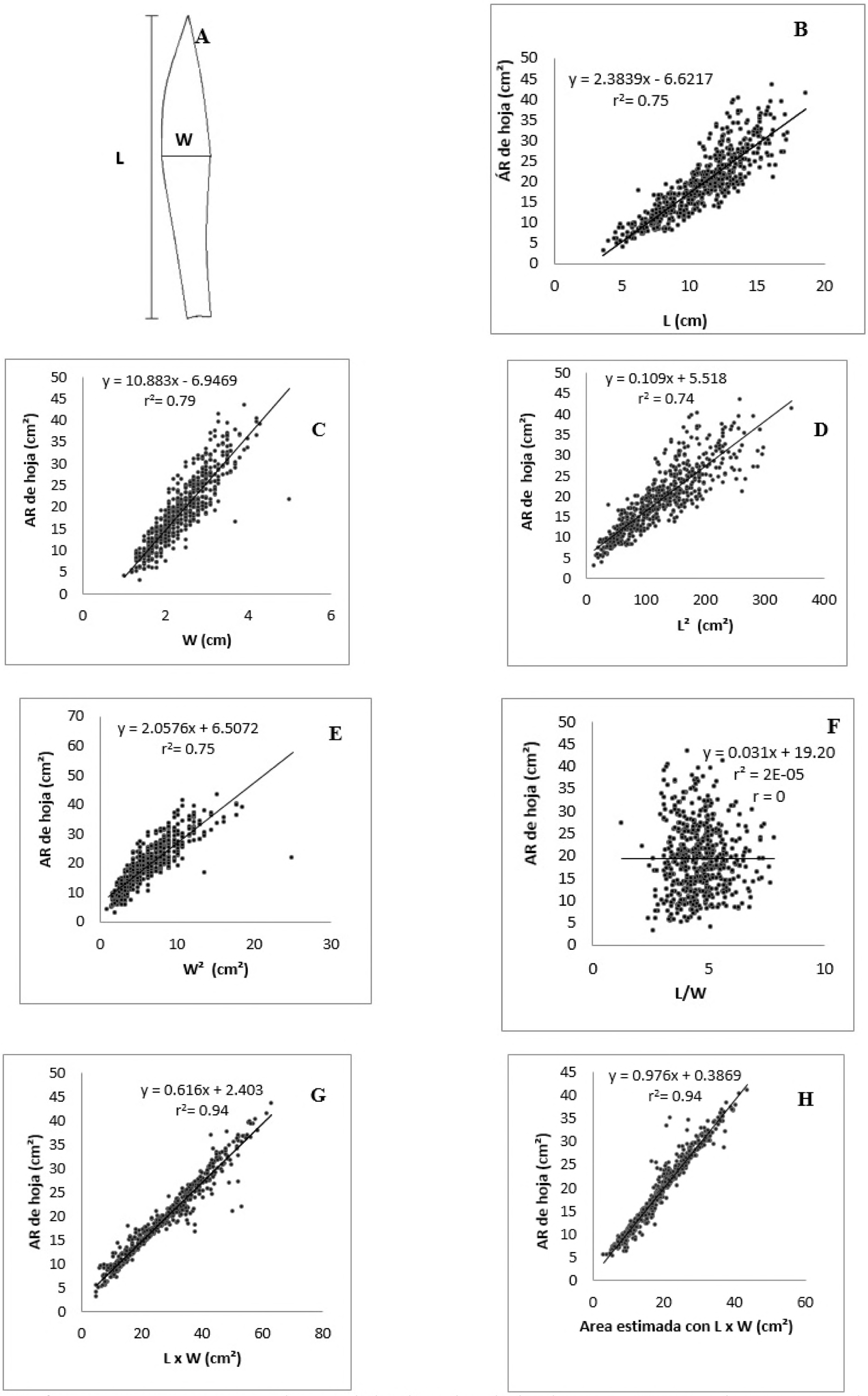


Fig. 2. A: forma como se tomaron las medidas lineales de las láminas. B a G: relación entre el área real (AR) de las hojas y el largo (L) y ancho mayor (W) de las láminas y, sus combinaciones. H: relación entre el área estimada mediante el producto de L x W y el AR de las hojas.

Arnaldoa 21 (2): 317 - 328, 2014 ISSN: 1815-8242

Germinación de semilla botánica de *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell, utilizando cinco tratamientos pregerminativos

Germination of botanical seed of *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell, using five pre-germinatives treatments

Einstein Bravo Campos
Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú
ebravoc18@hotmail.com

Resumen

La presente investigación determinó que las semillas de *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell, son vanas. Los resultados corresponden a evaluaciones observadas y analizadas, el experimento se realizó en el Laboratorio de Tejidos de Cultivos Vegetales, con semillas de árboles relictos, procedentes de Huarango, San Ignacio–Cajamarca, Perú. Del análisis físico se obtuvo un porcentaje de pureza del 0 %, contenido de humedad del 21 % y 130 000 semillas por kilogramo. El porcentaje de germinación de 05 tratamientos pre germinativos (KNO_3: 1000 y 2000 ppm, AG_3: 1000 y 2000 ppm, enzima celulasa) fue del 0 %. Ante la respuesta negativa, se usó coloraciones y se determinó la ausencia de tejido embrionario; aprobándose así la hipótesis nula. *T. amazonia* en etapa reproductiva están a distancias que oscilan de 1 a 3 km, con ausencia de especímenes en etapa de brinzal y latizal, determinando el no suministro de polen suficiente y de manera reincidente. Se determinó que la especie es posiblemente autoincompatible. *T. amazonia* no se reproduce sexualmente, se recomienda la propagación asexual mediante acodos aéreos, de diferentes procedencias para mejorar la variabilidad genética, y estudios sobre polinización artificial.

Palabras clave: *Terminalia amazonia*, tratamiento pregerminativo, semilla vana.

Abstract

This investigation ultimately determined that the seeds of *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell, are vain. The results correspond to observed and analyzed evaluations; the experiment was performed at the Laboratory of Tissue Culture Plants, seeds relict trees, from Huarango, San Ignacio - Cajamarca, Peru. Physical analysis purity percentage of 0%, moisture content of 21% and 130 000 was obtained per kilogram seed. Germination percentage germination treatments pre 05 (KNO_3: 1000 and 2000 ppm, GA_3: 1000 and 2000 ppm, cellulase enzyme) was 0%. Of the negative response, discoloration was used, and the absence of embryo tissue was determined; and approving the null hypothesis. *T. amazonia* reproductive age are at distances ranging from 1 to 3 km, with no specimens in sapling and sapling stage, determining not supply sufficient pollen and Repeatedly. It was determined that the species is possibly self-incompatible. *T. amazonia* no reproduces sexually, asexual propagation by air-layering is recommended, from different backgrounds to enhance genetic variability, and studies on artificial pollination.

Keywords: *Terminalia amazonia*, pregerminative treatment, nonviable seed.

Introducción

Terminalia amazonia, es un árbol grande, distribuido en bosques tropicales y altamente valorado por su madera de alta calidad; junto con su crecimiento moderado, aun en suelos de mediana fertilidad, y libre de plagas y patógenos serios, con habilidad aparente a prosperar en rodales puros, es un buen candidato para plantaciones a altitudes bajas hasta medianas, están entre los 40 a 1200 m de elevación (Solís & Moya, 2004).

T. amazonia, es una especie forestal con potencial maderable que produce semillas sexuales, sin embargo, esta vía de propagación presenta algunos inconvenientes, como la baja existencia de árboles semilleros, semilla vana, nulo porcentaje de germinación (Hidalgo, 1996); por esta razón, su regeneración natural no es dada y sumado a la alteración e intervención de su hábitat natural relicta, conducen a una inevitable extinción.

Los problemas antes indicados, motivaron el interés para la realización del presente trabajo el mismo que está orientado al uso de tratamientos pre-germinativos a fin de lograr el incremento de la capacidad germinativa de *T. amazonia,* habiendo

planteado los siguientes objetivos:

Determinar el tratamiento más eficiente para obtener un mayor porcentaje de germinación de la semilla botánica de *T. amazonia* (J. F. Gmel.) Exell, Determinar los parámetros germinativos de la semilla botánica de *T. amazonia* (J. F. Gmel.) Exell; Porcentaje de germinación, Energía germinativa y Valor germinativo. Para determinar la aprobación de la investigación se planteó las siguientes hipótesis: Ha: El tratamiento pregerminativo más eficiente en la germinación de la *T. amazonia* (J. F. Gmel.) Exell, es el Ácido Giberélico (GA_3) a una concentración de 2000 ppm y a una temperatura de 30 °C y con un tiempo de inmersión de 30 minutos. Ho: El Ácido Giberélico (GA_3) a una concentración de 2000 ppm y a una temperatura de 30 °C, no es el tratamiento más eficiente en la germinación de la *T. amazonia* (J. F. Gmel.) Exell, con un tiempo de inmersión de 30 minutos.

Material y métodos

Tipo de investigación: Experimental

Ubicación del trabajo de investigación

Fase de campo. La colección de muestras de semillas se obtuvieron de los caseríos, La Unión, La Colmena, Saucepampa, La Lima, El Triunfo, La Mushca del Distrito de Huarango, Provincia San Ignacio-Cajamarca, Perú.

Inventario de especies arbóreas en estado reproductivas, de *T. amazonia*, con fin de determinar las distancias de distribución de esta especie, fue realizado en los siguientes sectores del distrito de Huarango: La Unión, El Rejo, La Colmena, Nueva Esperanza, Saucepampa, Mano de La Virgen, La Lima, Naranjitos, La Mushca, El Triunfo.

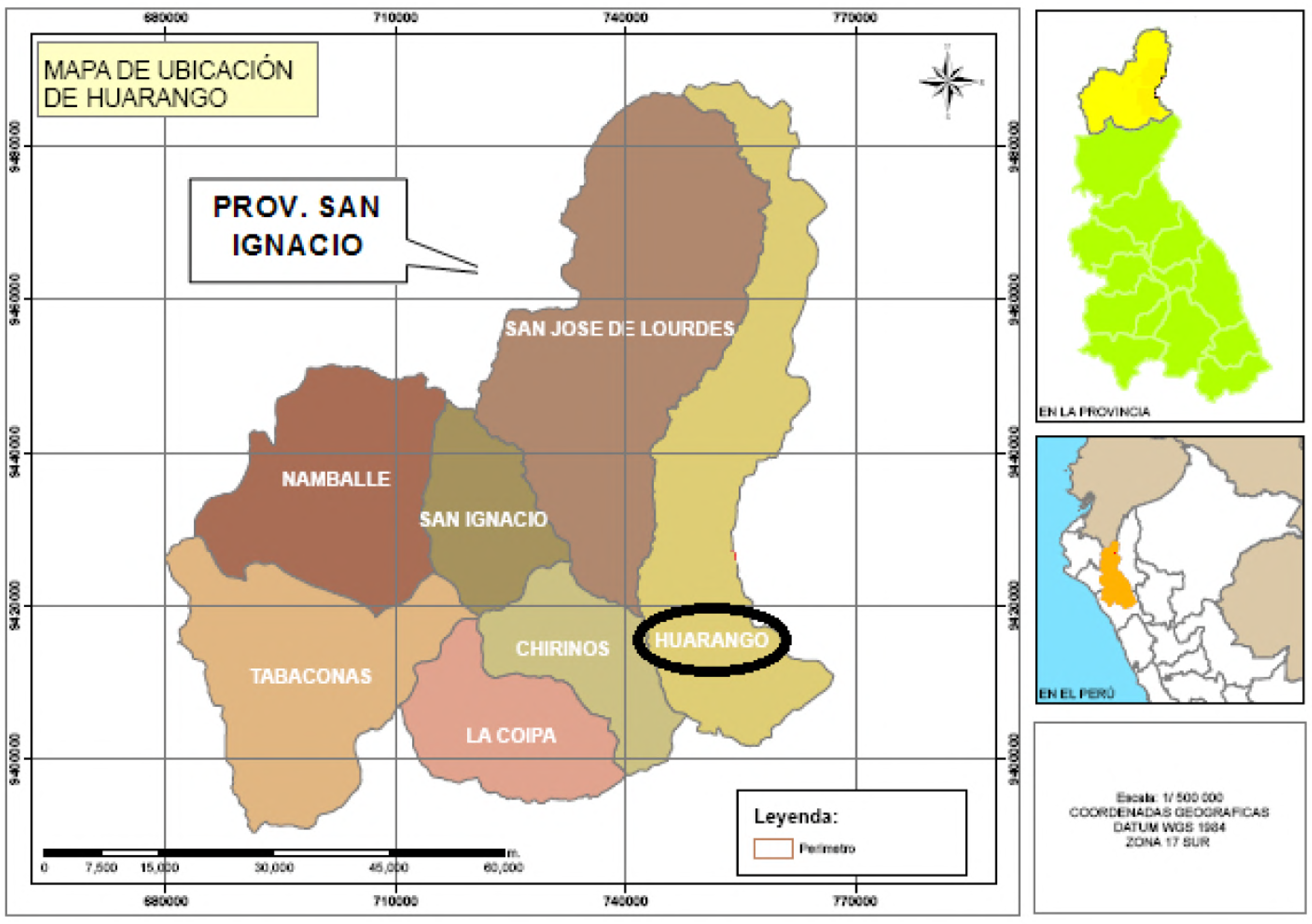


Fig. 1. Localización del área de estudio Huarango, San Ignacio.

Fase de gabinete: El presente trabajo de investigación se desarrolló en el laboratorio de cultivos de tejidos vegetales de la Universidad Nacional de Cajamarca–Jaén.

Metodología

a- Unidad de análisis, universo y muestra

En el experimento se utilizaron 900 semillas, donde se colocaron 50 semillas de *T. amazonia* por unidad experimental con 3 repeticiones por tratamiento (de acuerdo al diseño establecido).

b- Técnicas e instrumentos de recolección de datos

b. 1. Recolección de las semillas de *T. amazonia*

Las semillas de *T. amazonia* (J. F. Gmel.) Exell, fueron colectados de árboles naturales con alturas de entre 10-15 m, con un diámetro de copas de 5-12 m, alto de copas 9-12 m y diámetro a la altura del pecho (DAP) de 60-70 cm.

b. 2. Procesamiento del fruto para obtener la semilla

Los frutos se secaron al aire libre por un lapso de dos días, de dos a tres horas por día, extendiéndolos en una tela y removiéndolos constantemente para obtener un secado homogéneo.

b.3. Métodos indirectos de determinación de viabilidad

b.3.1. Ensayo topográfico de Tetrazolio

b.3.2. Método de peróxido de Hidrogeno

b.4. Tratamientos en estudio para la germinación

T1: Ácido giberélico (AG_3) a 1000 ppm

T2: Ácido giberélico (AG_3), a 2000 ppm

T3: Nitrato de potasio (KNO_3) a 1000 ppm

T4: Nitrato de potasio (KNO_3) a 2000 ppm

T5: Enzima celulasa, Testigo.

b.5. Inmersión de las semillas en las soluciones de acuerdo a los tratamientos en estudio

Las semillas, sometidas a los tratamientos T1, T2, T3, T4, pH 6.5–7.0, fueron mantenidos por un periodo de 30 minutos, en condiciones ambientales del lugar experimental.

b.6. Disposición de tratamientos en laboratorio

b.7. Métodos de determinación de tejido embrionario

Tabla 01: Disposición de tratamientos en laboratorio, adaptado al DBCA.

(Disposición de tratamientos en laboratorio)

R1			R2			R3	
Testigo	T1		T2	T4		T1	T2
T5	T3		T3	Testigo		T4	T5
T2	T4		T5	T1		Testigo	T3

R: Repetición **T**: Tratamiento

A la semilla se procedió a cortarlo de forma longitudinal, obteniendo así dos a tres partes. En cada portaobjeto se coloca la muestra seleccionada de semilla y sobre esta se le humedece con dos gotas de eosina, lugol, rojo neutro o azul de metileno, estas aplicadas individualmente por cada muestra de semilla, luego se cubren las muestras preparadas con una laminilla y esta es ubicada en el microscopio.

Materiales

a- Material biológico: Semilla botánica de *T. amazonia* (J. F. Gmel.) Exell, Enzima celulasa, Lugar de estudio fitosociológico.

b- Reactivos: Ácido giberélico (GA_3), Nitrato de potasio (KNO_3), Glucosa, Agua destilada, Peróxido de Hidrogeno (H_2O_2), Tetrazolio (cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolio), Lugol, Rojo neutro,

Azul de metileno.

c- Equipos y material de laboratorio

Refrigeradora, Termómetro, PHmetro, Balanza electrónica, Matraces Erlenmeyer de 100 ml, Microscopio, Estereoscopio, Tubos de ensayo 20.15 ml, Placas Petri, Probeta 100 ml, Pipetas 1/10 ml, 5 ml, 10 ml, Baguetas, Mechero, Fiola 100, 200 ml, Cajas Petri, Algodón, Pinzas, Papel aluminio, filtro, Lupa.

d- Material de escritorio

Computadora, Libreta de notas, Papel A4, Plumones indelebles, Lapiceros, lápiz, Formatos de evaluación de semillas.

e- Infraestructura: Laboratorio

f- Otros

Bolsas de tela, GPS, Cámara fotográfica, Subidores, Tijera telescópica y manual.

Resultados y discusión

Características físicas de las semillas de *Terminalia amazonia*

Tabla 02. Resultados del porcentaje de pureza característica

Parámetros analizados (04 repeticiones)		
Porcentaje de:	**%**	**Observaciones**
Semillas puras	0.00	No se considera pura por la ausencia del tejido embrionario (semilla vana), solo tiene tejido endospermatico.
Semillas de otros cultivos	0.00	No se ha encontrado otras semillas ya que se ha obtenido de la copa.
Material inerte	100.00	Semillas vanas (con endospermo y sin embrión), Semillas secas, rugosas, deformes, y con baja densidad aparente.
Total	**100.00**	____
Germinación	0.00	____
Contenido de humedad	21.00	____
N° de semillas / Kg.	__	130 000 unidades.

Según Solís & Moya (2004), un kilogramo de frutos secos tiene 90,000 unidades de semillas. Según Montero & Kanninen (2005), un kilogramo de frutos tiene 120 mil a 140 mil semillas por kilogramo, la determinación de la cantidad de semilla por kilogramo nos permite determinar y/o predecir el número de semillas a utilizar y entablar en un área determinada en caso de que las semillas sean viables. Un kilogramo de semilla tiene alrededor de 130 000 unidades.

Pruebas indirectas de viabilidad

En lo que concierne a las pruebas indirectas de viabilidad de las semillas, como el ensayo topográfico de Tetrazolio, se observó que no hubo coloraciones de color rojo oscuro en el tejido embrionario; al respecto, Romero (1990), menciona, que debe tenerse en consideración que el tejido embrionario sano absorbe el TZ lentamente y por lo tanto, el color desarrollado es rojo oscuro. Tejidos embrionarios afectados por envejecimiento, congelación o daño mecánico, tiende a teñirse de rojo intenso. Usando el Método de peróxido de hidrógeno, no presentó el crecimiento característico de la radícula que caracteriza a esta prueba (Poulsen, 1993), por lo que, se necesita realizar estudios con más detenimiento e

instrumentos más sensibles, instrumentos para pruebas de rayos X ya que la semilla es pequeña (1 a 2 mm) por lo que, en esta información los datos expuestos tienen una confiabilidad de un 40 % debido al tamaño tan pequeño de las semillas que no se podía evaluar a simple vista.

Germinación

Tabla 03. Resultados del porcentaje de germinación

Tratamientos	Repetición			Promedio germinación	% Germinación
	R1	R2	R3		
T1=AG_3 (1000 ppm)	0	0	0	0	0
T2=AG_3 (2000 ppm)	0	0	0	0	0
T3=KNO_3 (1000 ppm)	0	0	0	0	0
T4=KNO_3 (2000 ppm)	0	0	0	0	0
T5=Enzima celulasa	0	0	0	0	0
Testigo	0	0	0	0	0

En la tabla 03 se observa que no hay diferencia significativa entre todos los tratamientos, por lo tanto, se está aprobando la Hipótesis Nula (ningún tratamiento pregerminativo tuvo resultados), pues, no se indica un efecto beneficioso de la intervención sometida a estudio, donde la moda, y la mediana son igual a cero (0), la media, la varianza, y la desviación estándar son no definidos.

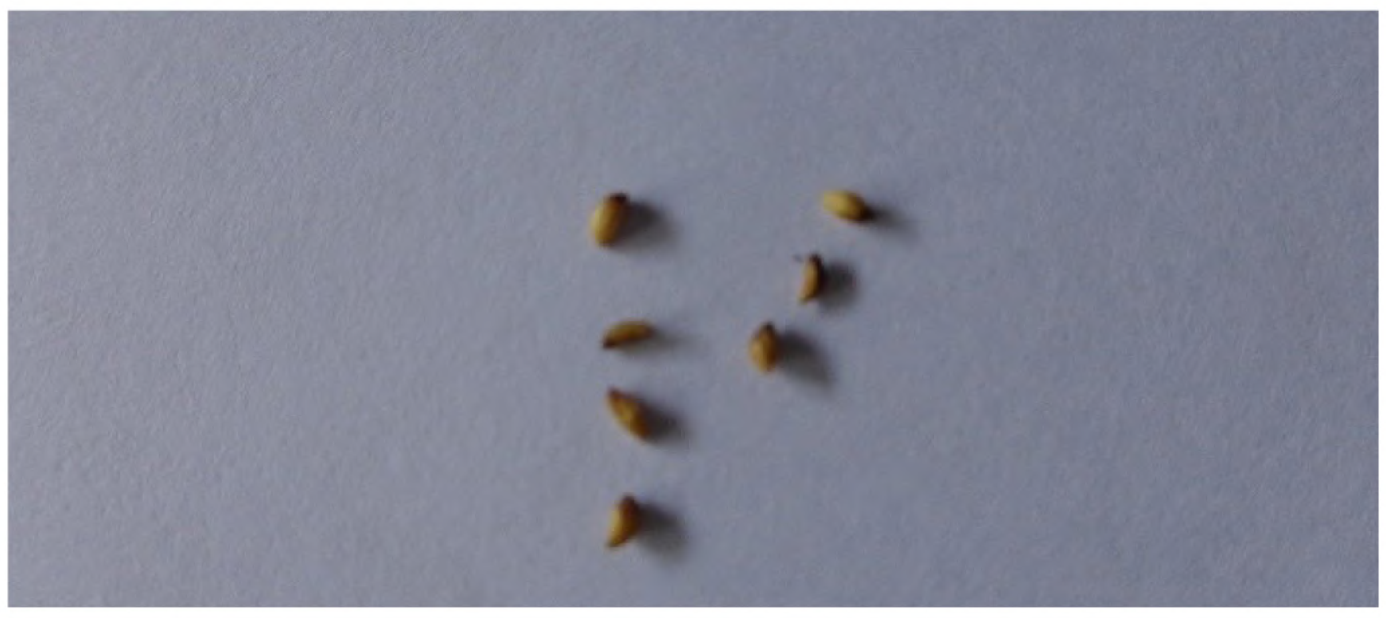


Fig. 2. Semillas no germinadas

(Rebasa, 2003), es fundamental entender que un resultado no significativo solo indica que es compatible con la hipótesis nula. Los resultados no significativos solo indican que los datos no consiguen aportar suficientes pruebas para dudar de la credibilidad de la hipótesis nula demostrada. Así pues, no significativo es equivalente a no demostrado o no concluyente, pero nunca a ausencia de relación de causa–efecto. Esto nos conlleva al siguiente punto:

"El resultado estadísticamente significativo no tiene nada que ver con los ensayos"

La expresión "muy estadístico" es un término estadístico que se utiliza para indicar que la hipótesis nula es poco creíble y "nada", pero absolutamente "nada", tiene que ver con la importancia del ensayo o biología de la hipótesis. Un resultado puede ser muy significativo y carecer en absoluto la menor relevancia en los procesos del ensayo, significación estadística se relaciona con la necesidad de probar hipótesis.

(Rebasa, 2003), para aceptar la hipótesis nula (H0), se sugiere causalidad (causa –efecto). Si se ha efectuado un diseño experimental, asignando aleatoriamente a las unidades experimentales, a los grupos de tratamientos, entonces sí se puede

afirmarse esa relación de causalidad.

Es por ello, se realizó un estudio que determinó las posibles causas de la no germinación (efecto), que se obtuvo datos iguales (0), para así estar aprobando la hipótesis nula. Se detalla a continuación.

Ante los problemas de no obtención de germinación en las semillas, se procedió a realizar cortes microscópicos para determinar la presencia de embrión, recurriendo a las coloraciones básicas empleando lugol, rojo neutro, azul de metileno y eosina. Se usaron los respectivos colorantes porque ejercen su acción en las partes vivas de las células sin alterar su metabolismo, y poniendo de relieve sus estructuras (De la Torre, 2007).

Durante las observaciones microscópicas de una semilla se puede apreciar células muy apretadas con gránulos de almidón y oxalato de calcio, que vendrían a formar parte del endospermo, y no encontrándose ningún rasgo que caracteriza al tejido embrionario de la semilla, el embrión que son: células meristemales pequeñas no diferenciadas, poliédricas, con citoplasma que ocupa la mayor parte de volumen celular ya que las vacuolas son muy pequeñas (Raisman, *et al*., 2000); con la utilización de los colorantes.

En la presente investigación, no se logró demostrar la hipótesis alternativa a pesar de que se trabajaron los objetivos propuestos, no cumpliéndose en la presente investigación lo que menciona Hartman & Kester (1997), que para la germinación de una semilla deben cumplirse tres condiciones: que el embrión sea viable (que esté vivo), que los factores externos sean favorables y que no presente factores internos que impidan la germinación.

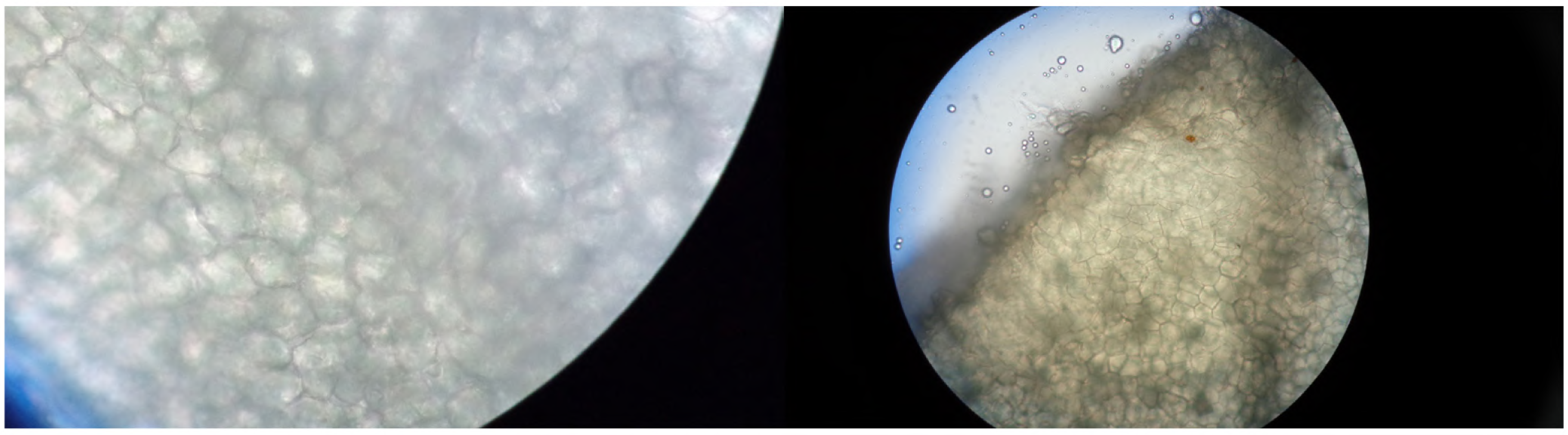


Fig. 03 y 04. No se caracteriza el tejido embrionario

Por lo tanto, los resultados de la presente investigación está aprobando la hipótesis nula, ya que las observaciones de los experimentos no han aportado evidencias para descartarla.

Continuando en dar una explicación las posibles razones del origen de las semillas vanas, nos apoyamos con los autores Flores & Sandi (1997), mencionan que *T. amazonia* (J. F. Gmel.) Exell muestra gran variación en los porcentajes de germinación, según la procedencia de la semilla; no obstante, en casi todos los casos. El fruto de esta especie, es una sámara que encierra la semilla y en las pruebas de germinación, lo que se siembra son estas sámaras.

Flores & Sandi (1997), la búsqueda de una explicación para este fenómeno, condujo a investigar la biología reproductiva de la especie. Las inflorescencias son racimos axilares, con numerosas flores hermafroditas, actinomorfas y epíginas. Las flores son proteróginas (protóginas) y el gineceo alcanza la madurez sexual y es receptivo, antes de que las anteras de los estambres liberen polen. En consecuencia,

la flor no puede ser polinizada ni fertilizada por su propio polen, lo que constituye un caso de dicogamia o separación temporal en la actividad de los órganos sexuales que evita la autogamia. Como corolario de lo anterior, se asumió que la especie era alógama.

Flores & Sandi (1997), la observación con estereoscopio y microscopio electrónico de barrido, los estigmas de flores provenientes de árboles aislados, en grupos pequeños o en rodales con numerosos individuos (al menos 10), demostraron que todos los estigmas reciben abundante polen; sin embargo, la formación de tubos polínicos en estigma-estilo disminuye, conforme decrece el número de árboles de la misma especie alrededor del árbol progenitor. En los árboles aislados los estigmas contienen abundante polen; aunque se observan algunos tubos polínicos en un grupo pequeño de flores, además, ningún fruto produce semilla viable; por ello, se excluye la posibilidad de que exista geitonogamia y la flor (saco embrional) pueda ser fertilizada por polen (células espermáticas del tubo polínico) de otra flor del mismo árbol. La xenogamia parece, así, un mecanismo obligatorio.

Flores & Sandi (1997), la disección de frutos inmaduros y maduros con diferentes procedencias, también mostró una estrecha correlación entre el número de frutos que contienen semillas y el número de árboles de la misma especie que circundan al árbol progenitor. También, se observa una correlación entre el número de sámaras con semilla por árbol y la incidencia de tubos polínicos en los estigmas de las flores de esos árboles, así como, entre el número de frutos con semilla y los porcentajes de germinación. Por otra parte, numerosos frutos vanos mostraron semillas abortivas en diferentes estadíos de desarrollo. Con base en lo anterior, se propone que: a.- los distintos porcentajes de germinación que se obtienen con frutos de diferentes procedencias no se deben, en su mayor parte, a problemas de germinación de las semillas, sino al número variable de frutos vanos; b.- que el número de frutos vanos aumenta conforme disminuye el número de árboles de la misma especie, alrededor del árbol progenitor (radios de 2 km) y aumenta el aislamiento de éste; c.- que existe al menos un mecanismo de incompatibilidad a nivel de estigma-estilo; no obstante, el número de semillas abortivas en diferentes estadías de desarrollo, abre la incógnita sobre un mecanismo más complejo.

En consecuencia, se determina que *T. amazonia* puede tener el mecanismo genético como la posible incompatibilidad a nivel de estigma–estilo; Bretón (2009), hace mención que en este caso el grano de polen (fértil), no germina o germina pero el tubo polínico detiene su crecimiento, cuando se encuentra sobre un determinado estilo.

Incompatibilidad: La planta no es capaz de autofecundarse. La autoincompatibilidad en especies con flores hermafroditas evita la pérdida de vigor y adaptabilidad que produce la consanguinidad. A dicho mecanismo se le puede clasificar de la siguiente forma:

a. Incompatibilidad Homomórfica (en un mismo árbol). La incompatibilidad está determinada genéticamente por un locus, llamado S, con alelos múltiples.

♀ S1S2 x ♂ S1S2 cruzamiento (incompatible)

No deja descendencia

(El polen es de alelo S1 o S2, ninguno de los dos granos de polen podrá germinar sobre el estilo S1S2. Por lo tanto, no se obtiene descendencia de este cruzamiento y

se dice que el cruzamiento es incompatible).

Se realizó un inventario, con la finalidad de determinar la incompatibilidad mediante distancias de ubicación de los árboles *T. amazonia* que influye en la no polinización cruzada anemófila y por insectos polinizadores, determinando que los árboles se encuentran ubicados a una distancia entre árboles en estado reproductivo que oscilan de 1 a 3 km, además se determinó la ausencia de especímenes en la etapa de brinzal y latizal, lo que demuestra que no hubo y no hay regeneración natural por el estado vano de las semillas.

En el distrito de Huarango, *T. amazonia*

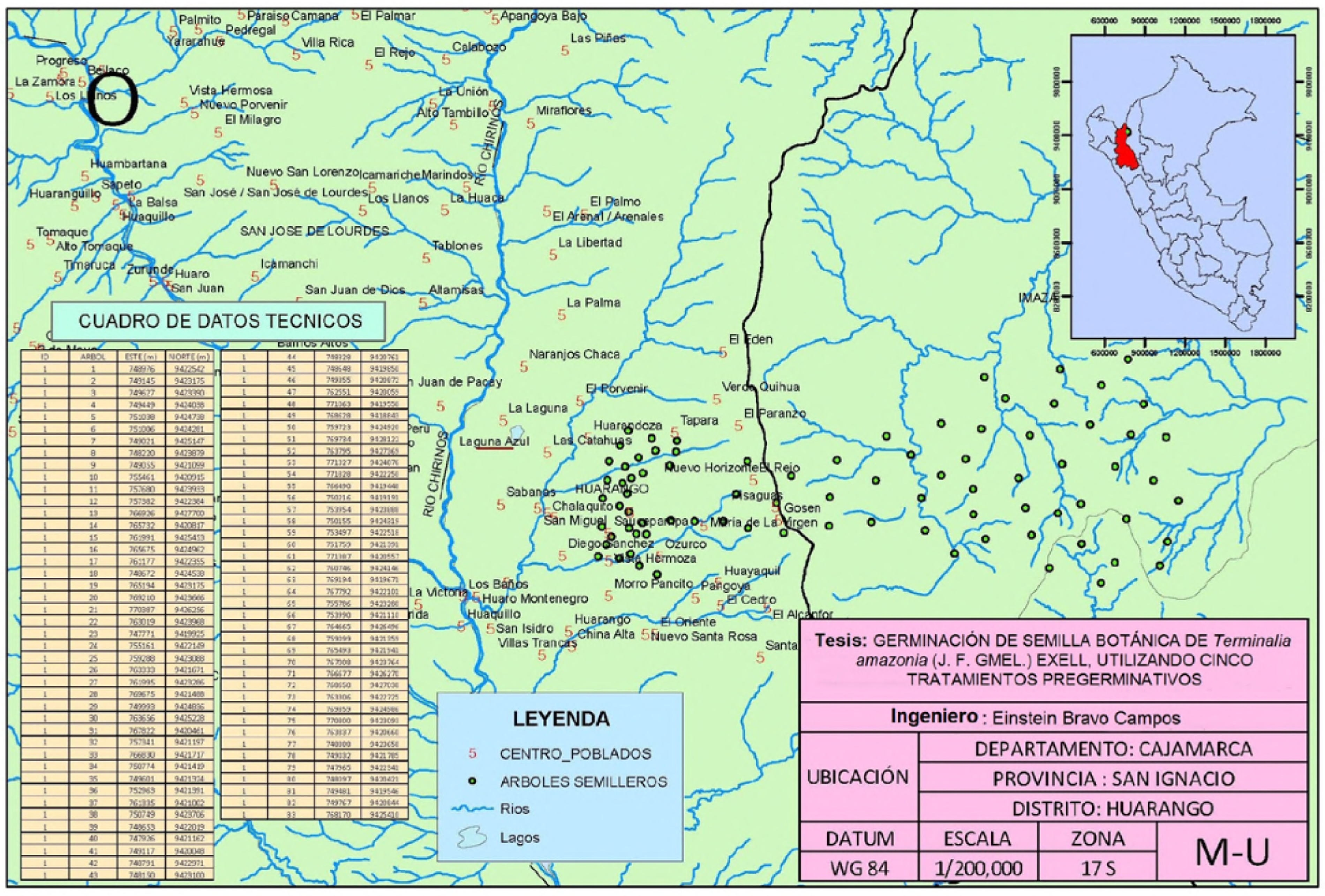


Fig. 5. Distribución de árboles relictos de *T. amazonia*

crece en asociación con muy poca diversidad de especies arbóreas maderables y arbustivas, y a gran escala con herbáceas, las más comunes y representativas de manera natural son: "michino" (*Manilkara bidentata*), "catahua" (*Hura crepitans*), "faique" (*Acacia macracantha*), "morero" (*Maclura tinctoria*), y como pastos, el "sorgo" (*Sorghum* sp.), "elefante" (*Pennisetum* sp.), "sorgo morado" (*Sorghum* sp.), "grama gateadora" (*Axonopus* sp.), estos pastizales mencionados vienen a representar un 95 % que está en asociación con *T. amazonia*, esta especie forestal está en asociación con especies arbóreas y arbustivas en un 5 %.

La floración tiene lugar de agosto hasta

Fig. 6. Fitosociología de *Terminalia amazonia*

septiembre, dada en estación seca del año, con variaciones en el término e inicio a lo largo del ámbito geográfico. Generalmente los frutos caen en grupos cuando están maduros. La polinización es entomófila y los agentes varían de acuerdo a zonas locales; se realizó una inspección ocular, determinando como agentes polinizadores a "escarabajos", "abeja pequeña", "abejón pequeño" y "trips" que son de vuelo corto y en pocas cantidades, otro factor al parecer es que su flor es poco atractiva. En comparación con los tiempos antiguos, cuando existían composiciones boscosas homogéneas, quizá *T. amazonia* habría tenido sus propios polinizadores biológicos, que incluso podría influenciar en viento, solo que con la pérdida de las masas boscosas, las especies de flora y fauna se extinguen a causa que van perdiendo su capacidad de resistencia a los cambios ambientales y, en busca de nuevos nichos ecológicos. *T. amazonia* produce frutos y semillas de octubre a diciembre, pérdida de follaje en agosto hasta noviembre, estación seca, regeneración de follaje en diciembre que dura hasta julio.

Determinando entonces, que cada especie de *T. amazonia* está casi totalmente aislada, demostrando así, su mecanismo de autoincompatibilidad, presentando cada árbol una incompatibilidad gametofítica, dado que constata la existencia de semillas vanas.

En Costa Rica, existe plantaciones naturales, las cuales son manejadas, y pareciera que no hay mucho problema, pero, se observa que tienen poco porcentaje de germinación, y con largos periodos de germinación, a pesar que en un bosque homogéneo tienen un ambiente adecuado para la ecología y dinámica forestal, según observamos los resultados en el manual de "*Terminalia amazonia*, Ecología y Silvicultura" de Montero & Kanninen (2005), mencionan que las semillas son ortodoxas y deben almacenarse en recipientes herméticos a 4 °C, con un contenido de humedad de 6 % a 8 %. Se han reportado con una germinación de hasta 30 %. La pureza varía de 85 a 90 %. La germinación es epigea, se inicia a los 69 días de sembrada y termina a los 89 días.

T. amazonia en Costa Rica crece en forma natural, se halla comúnmente en laderas húmedas y planicies de los bosques. Se encuentra distribuida generalmente en altitudes desde los 40 a 1200 msnm, con precipitaciones de 2500 a 3000 mm y temperaturas superiores a 28 °C. Crece bien en colinas y planicies costeras, en suelos rojos o amarillos, lateríticos profundos derivados de materiales aluviales o ígneos (Camacho, 1981; Benítez & Montesillos, 1988; ACEN, 1992; Nichols & González, 1992; Flores, 1994; CATIE, 1997; citado por Montero & Kanninen, 2005).

Lo que en el distrito de Huarango-Perú no se tiene y los pocos árboles que existen están a distancias no adecuadas para que se pueda realizar una fecundación cruzada, crece en áreas degradadas, suelos compactados a causa del sobrepastoreo, la estación seca es más larga que la estación húmeda, los cuales son una desventaja para la especie y la biodiversidad, ya que se corre el riesgo de perderse la variabilidad genética de la especie, el cual no permitiría las adaptaciones, que en estos tiempos es urgente por las variaciones climáticas, como consecuencia, hay variaciones en la fisiología de *T. amazonia*, y la especie estaría corriendo el riesgo de desaparecer, por lo que, se debe seguir haciendo estudios relacionados con la propagación sexual.

También se observa los resultados de investigación de Hidalgo, (1996), en el X Congreso Nacional del año 1996, en

el Instituto Tecnológico de Costa Rica, menciona que: "*T. amazonia* es una especie forestal que ha sido incluida en las pruebas de especies nativas desarrolladas en el país". Esta especie produce semilla sexual, sin embargo, esta vía de propagación presenta algunos inconvenientes, como baja existencia de árboles semilleros, bajo porcentaje de germinación, alto periodo de germinación, semilla vana. Considerando los inconvenientes que presenta la propagación sexual y a la vez las ventajas que ofrece la propagación vegetativa, se planteó el presente proyecto (Propagación vegetativa de *Terminalia amazonia*), con el fin de contar con un método alternativo, que proporcione material para la reforestación con esta especie y a la vez, que permita seleccionar y reproducir árboles de características deseables.

En Huarango–San Ignacio, no se hallan especies de *T. amazonia* con semillas de altos periodos de germinación, solo se puede encontrar semillas vanas, como también no se está practicando la propagación asexual a base de acodos aéreos, que podría ser una alternativa de gran aceptación; demostrando en la presente investigación la propagación de ésta a base de ácido indolbutírico (AIB) a 200 ppm.

En el distrito de Huarango no se ha encontrado composiciones boscosas homogéneas de *T. amazonia,* habitando solo en las delimitaciones de los terrenos agrícolas y dentro de pastizales, el proceso de extinción de esta especie con otras que son maderables y relictas, están originando como consecuencia la disminución de las frecuencias de lluvias y cantidad de agua en las quebradas, aumento del nivel de variaciones climáticas.

Conclusiones

1. Los tratamientos aplicados en semillas de *T. amazonia* provenientes de árboles reproductores del distrito de Huarango–San Ignacio, no mostraron resultados, ya que las semillas son vanas a causa de la ausencia del tejido embrionario.

2. La baja densidad de población de dicha especie en el área estudiada, probablemente evita el suministro de polen suficiente y de manera reincidente.

Agradecimientos

Mcblga. M. C. Marcela Arteaga Cuba, Ing. M. Cs. Segundo M. Tafur Santillán, por su valioso apoyo, para la culminación de este trabajo.

Literatura citada

De la Torre, S. 2007. Manual básico de microtecnia biológica (en línea). La Habana. Consultado el 14 de enero del 2014. Disponible en: http://www.ecured.cu/index.php/Anexo:clorantes_vitales&hl=e&ei=FrU6U7OQF8WCmgfcjYHACA&wsc=vb&ct=np&wwhp=3298.

Flores, E. & C. Sandi. 1997. Problemas de germinación en *Terminalia amazonia* (en línea). Costa Rica. Consultado el 20 de agosto del 2011. Disponible en: http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0018S/A0018S33.pdf.

Hartman, T. & E. Kester. 1987. Propagación de Plantas: Principios y Prácticas. 1 edic. Edit. Continental S.A de C.V. México. 176 p.

Hidalgo, N. 1996. Propagación vegetativa de Roble coral (*Terminalia amazonia*) (En línea). Costa rica. Consultado el 23 de agosto del 2010. Disponible en: http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_x/a50-2388-I_296.pdf.

Montero, M. & M. Kanninen. 2005. *Terminalia Amazonia*; Ecología y Silvicultura (en línea). Turrialba, Costa Rica. Consultado el 23 de agosto 2010. Disponible en: http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A0472E/A0472E.PDF.

Poulsen, K. 1993. Análisis de semillas (en línea). México. Consultado el: 15 de oct. 2013. Disponible en: orton.catie.ac.cr/repdoc/A0011S/a0011s03.pdf.

Raisman, J. & A. Gonzáles. 2000. Las plantas y su estructura II (en línea). Argentina. Consultado el 11 de febrero del 2014. Disponible en: http://www.biblioteca.org.ar/libros/hipertextos%20de%20biologia/planta2.htm.

Rebasa, P. 2003. Entiendo la p > 0.001 (en línea). Barcelona, España. Consultado el 01 de mayo 2014. Disponible en: www.cirugest.com/htm/revisiones/cir01-03/01-03-01.pdf.

Solís, M. & R. Moya. 2004. *Terminalia amazonia* en Costa Rica (en línea). Costa Rica. Consultado el 20 de sept. 2010. Disponible en: http://www.fonafifo.com/text_files/proyectos/ManualTerminalia.pdf.

Arnaldoa 21 (2): 329 - 342, 2014 ISSN: 1815-8242

Efecto de diferentes concentraciones NPK y simbiosis con *Glomus intraradices*, sobre el contenido de proteínas solubles totales de *Plukenetia volubilis* L.

Effect of different NPK concentrations and *Glomus intraradices* symbiosis on the content of total soluble proteins in *Plukenetia volubilis* L.

J. E. Manuel Hidalgo Rodríguez
Departamento de Ciencias, Universidad Privada Antenor Orrego, Av. America Sur 3145, Urb. Monserrate, Trujillo, PERÚ.
jemhidalgor@gmail.com

Cynthia C. Ramos Otiniano & Mercedes E. Chaman Medina
Laboratorio de Fisiología Vegetal, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n, Trujillo – Perú.
cynthia.ramos.otiniano@gmail.com & mechm@unitru.edu.pe

Resumen

Plukenetia volubilis L. "sacha inchi" es una Euphorbiaceae de importancia socioeconómica debido al alto valor nutricional de sus semillas. El uso de hongos micorrícicos arbusculares (HMA) como *Glomus intraradices*, junto con la fertilización NPK, permite lograr incrementos en el contenido de nutrientes como proteínas. En el presente trabajo se midió el contenido foliar de proteínas solubles totales (PST) en plantas de *P. volubilis* inoculadas con *G. intraradices*, y tratadas con 4 concentraciones NPK (190-35-210, 60-90-120, 150-90-150 y 150-150-150). Las plantas de *P. volubilis* tratadas con NPK 60-90-120, y en simbiosis con *G. intraradices*, mostraron mayor contenido de PST y (65.42 ug/g muestra), encontrándose diferencias significativas ($p<0.05$) con respecto al control. Los tratamientos "NPK 150-150-150 + *G. intraradices*"; "La Molina + G. *intraradices*"; "NPK 150-90-150 + *G. intraradices*"; y "NPK 60-90-120" causaron valores intermedios. Mientras que, las plantas tratadas con "NPK 150-90-150"; "NPK 150-150-150"; y "La Molina", mostraron los menores valores promedio de proteínas solubles totales. Se concluye, que las diferentes concentraciones de N, P y K, y la interacción simbiótica con *G. intraradices* ocasionan variación en el contenido de proteínas solubles totales de *P. volubilis*, siendo las plantas tratadas con el hongo y "NPK 60-90-120", las que presentaron mayor contenido proteíco.

Palabras clave: Simbiosis, *Glomus intraradices*, proteínas solubles totales, *Plukenetia volubi*lis.

Abstract

Plukenetia volubilis L. "sacha inchi" is an Euphorbiaceae of great economic importance due to the high nutritional value of its seeds. It is known that the use of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) along with NPK fertilization, increase the levels of nutrients such as proteins in "sacha inchi" tissues. This work was aimed to determine the content of Total Soluble Proteins (TSP) in leaf tissue of ***P. volubilis*** inoculated with *Glomus intraradices*, and treated with 4 NPK levels (190-35-210, 60-90-120, 150-90-150 y 150-150-150). The treatment with 60-90-120 NPK levels and *G. intraradices*, significantly increased the TSP levels, inducing the higher value (65.42 ug/g tissue). Meanwhile, treatments that combined *G. intraradices*, and 150-150-150, 150-90-150, 60-90-120 NPK values, presented intermediate values of TSP. The lowest protein contents were induced by treatments that only used NPK fertilizors (150-90-150, 150-150-150, and "La Molina"). It was found that different NPK concentrations, along with the symbiotic interaction between *G. intraradices* and *P. volubilis* induce a variation on TSP levels, being the plants treated with minor levels of fertilizors (60-90-120 NPK) and the AMF, the ones in which higher protein levels were observed.

Keywords: Symbiosis, *Glomus intraradices*, total soluble proteins, *Plukenetia volubilis.*

Introducción

Plukenetia volubilis L. "sacha inchi" es una especie de la familia Euphorbiaceae, propia de la región amazónica, que presenta gran importancia socioeconómica gracias al alto valor nutricional de sus semillas, ricas en aceites poliinsaturados y en proteínas (Arévalo, 1999), y al gran potencial agroexportador de su cultivo, que se realiza tanto en la selva amazónica en lugares como San Martín, en la costa norte, dentro del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC (Villegas, 2009). Recientemente, el cultivo de esta oleaginosa viene siendo promovido por su fácil adaptación y, su elevada capacidad de producción de aceites, por lo que, se vienen buscando nuevas tecnologías para optimizar su producción.

El empleo de la fertilización como medio para mejorar el rendimiento de los cultivos, tiene sus orígenes en los inicios de la agricultura, hace más de 5000 años, y desde entonces, se ha venido desarrollando sustancialmente. Sin embargo, el gran

salto que se ha dado en el manejo de los fertilizantes, su función en el metabolismo y su influencia en la producción de los cultivos, comienza a partir de 1880 con los descubrimientos de las funciones de diferentes elementos en la fisiología vegetal. Los nuevos conocimientos generados, sentaron las bases para la utilización creciente de N, P y K, junto con otros elementos, con la finalidad de inducir mayores rendimientos en cultivos agrícolas y mejor desarrollo en plantas ornamentales (Finck, 1988).

Sumado al uso de la fertilización NPK, en los últimos años, se ha empezado a utilizar hongos micorrícicos arbusculares, entre los que está el zigomyceto *Glomus intraradices* Schenck & Smith, para mejorar la producción de los cultivos, lo que ha adquirido gran importancia en el ámbito científico y agrícola. Tal es así, desde que Mosse descubrió que las micorrizas funcionan como un eficiente sistema de absorción (Mosse, 1963), diversos investigadores como Clement (1995); Medina *et al.* (2000); Llonín & Medina (2002); Mohammad *et al.* (2004) y León (2006) han realizado trabajos en cultivos como "palma", "tomate", "trigo", y "yuca", en todos los cuales se ha observado que las interrelaciones Planta-Hongo-Fertilización NPK, maximizan el aprovechamiento de los nutrientes y, por ende la producción, en condiciones controladas y de campo, y además, de manera muy rentable (Díaz *et al.*, 2007).

Además, de incrementar la producción, estos organismos cumplen un efecto preponderante sobre la resistencia de las plantas y, sobre su capacidad de sobrevivir en condiciones adversas, lo que ha sido demostrado, por investigaciones que concluyen que las micorrizas pueden suprimir el desarrollo de patógenos (Baar, 2008), incrementar la tolerancia a nemátodos (Verdejo, 1990), proveer a las plantas de mayor capacidad de absorción (Purakayastha & Chhonkar, 2005), favorecer la resistencia al estrés hídrico (Al-Karaki *et al.*, 2003, incrementar la producción de clorofila (Ekanayake *et al.*, 2004), permitir que las plantas vivan en condiciones de acidez y con alta concentración de ciertos metales pesados (Cardoso & Kuyper, 2006) y hasta favorecer la utilización de ciertos cultivos en la recuperación de suelos (Novoa *et al.*, 2010). Todo lo cual, coloca a estos organismos fúngicos como los más promisorios en cuanto a mejoras en el campo agrícola.

Es sabido, que la cantidad de proteínas presente en los tejidos vegetales, constituye un indicador de desarrollo en las plantas, y los hongos micorrícicos junto con la fertilización NPK provocan incremento en la síntesis de estas proteínas. Así, lo demostró Roveda (2007), quién encontró que las plantas de "maíz" asociadas a *Glomus* sp. y con déficit de P, presentan aumento significativo en los niveles de proteínas, además, de presentar mayores tasas de crecimiento, nutrición mineral y concentración de azúcares en tejido. Las proteínas presentes en un tejido vegetal, son además una fuente importante de aminoácidos para otros organismos, hecho que tiene importancia en lo concerniente a nutrición animal, específicamente en usos pecuarios.

Dada la importancia que tiene la determinación de concentraciones N, P y K necesarias para lograr una cantidad de proteínas más alta en el tejido vegetal, así como, el establecimiento de una micorrización que permita mayor aprovechamiento de nutrientes en "sacha inchi", se planteó como objetivo, determinar el contenido de proteínas solubles

totales en el tejido foliar de *Plukenetia volubilis* L. "sacha inchi" por acción de diferentes concentraciones de N, P y K, y de la interacción simbiótica con *Glomus intraradices*, a los 60 días de tratamiento.

Material y métodos

Material biológico

Plantas de *Plukenetia volubilis* L. "sacha inchi" obtenidas a partir de semillas botánicas donadas por el Campo Experimental San José del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC-La Libertad, Perú; y esporas de *Glomus intraradices* obtenidas del producto comercial AEGIS Endo Gránulo, que fue donado por la empresa Agrotecnologías Naturales Sociedad Limitada–Madrid, España.

Las semillas fueron seleccionadas de acuerdo a su tamaño homogéneo y desinfectadas con hipoclorito de sodio comercial al 2% durante 10 minutos. Después, a estas semillas se les realizó varios lavados con agua destilada, para colocarlas en un sistema de germinación que consistió en 25 depósitos de plástico con papel toalla absorbente, sobre los que se colocaron 8 semillas en cada uno. El sistema de germinación así establecido se selló y se dejó en oscuridad con una humedad constante. Luego, se esperó un promedio de 20 días, al cabo de los cuales, empezó la germinación de las semillas, obteniéndose así las plántulas.

Las plántulas fueron trasplantadas individualmente a las macetas de plástico de 500 ml de capacidad, aquí, se realizó la inoculación con las esporas de *G. intraradices*, tal como se especifica en la parte de Tratamientos. Se utilizó como sustrato perlita, y se cubrió esta con papel de aluminio. Los frascos fueron colocados en el Invernadero del Jardín Botánico de la Universidad Nacional de Trujillo, a una temperatura promedio de 25 ± 2°C y humedad relativa de 75 ± 2%. Se regó con solución nutritiva La Molina® durante una semana, para que las plantas se adapten a su nuevo medio, finalmente, se procedió a la aplicación de los tratamientos NPK.

Tratamientos

En el momento del trasplante, se tomaron en cuenta las plantas más homogéneas en su morfología, y al azar, se inoculó la mitad de ellas con *G. intraradices*. La inoculación de *P. volubilis* se realizó cubriendo superficialmente las raíces con aproximadamente 2 g del producto AEGIS Endo Gránulo (100 esporas/g de producto). Las raíces inoculadas fueron cubiertas inmediatamente con sustrato húmedo y se esperó 7 días para la adaptación de los vegetales. Las plántulas de 27 días (inoculadas y no inoculadas) más homogéneas en cuanto a morfología recibieron al azar los tratamientos con las diferentes soluciones NPK.

Los 8 tratamientos (incluidos los respectivos controles) fueron: La Molina, La Molina + *G. intraradices*, NPK 60-90-120, NPK 60-90-120 + *G. intraradices*, NPK 150-90-150, NPK 150-90-150 + *G. intraradices*, NPK 150-150-150 y NPK 150-150-150 + *G. intraradices*. Cada frasco fue asignado al azar a un tratamiento, de manera que el sistema final trabajado fue el que se muestra en el cuadro 1. Los sistemas fueron etiquetados debidamente y la evaluación se realizó a los 60 días de tratamiento.

Obtención de proteínas solubles totales

En cada repetición se pesó 1 g de tejido fresco de hojas escogidas al azar. Luego, estos tejidos se trituraron por separado, con nitrógeno líquido en un mortero de porcelana y se utilizó como buffer de

Cuadro 1: Concentraciones de NPK y "hongo" micorrícico arbuscular *G. intraradices* (HMA) aplicados a *P. volubilis* L. "sacha inchi" durante 60 días.

Tratamientos	NPK y HMA
T1	La Molina (190-35-210)
T2	NPK 60-90-120
T3	NPK 150-90-150
T4	NPK 150-150-150
T5	La Molina + G. intraradices
T6	NPK 60-90-120 + G. intraradices
T7	NPK 150-90-150 + G. intraradices
T8	NPK 150-150-150 + G. intraradices

extracción fosfato de sodio 50 mM y pH 7. El homogenizado obtenido se centrifugó a 10 000 g durante 10 minutos a 4°C; enseguida el sobrenadante fue utilizado para cuantificar proteínas.

Cuantificación de las proteínas

Se empleó el método de Bradford (1976), para lo cual, se tomaron 10 ul del extracto y se llevó el volumen final a 1 ml con el reactivo de Bradford, luego se midió la absorbancia en un espectrofotómetro Hewlett Packard 8452 a una longitud de onda de 595 nm. Para determinar la cantidad de proteínas, se utilizó BSA como estándar de la curva de calibración.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos fueron ordenados en tablas y gráficos y analizados estadísticamente, para determinar si existen diferencias significativas entre tratamientos, mediante el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de comparación múltiple de medias, Tukey HSD.

Resultados

Las plantas de *P. volubilis* tratadas con diferentes concentraciones NPK y en simbiosis con el "hongo" micorrícico arbuscular *G. intraradices*, mostraron variación en el contenido de proteínas solubles totales (Fig. 1), encontrándose diferencias significativas ($p<0.05$) al realizarse la prueba ANOVA. Se observó el mayor contenido de proteínas solubles totales (65.42 ug/g muestra) cuando las plantas fueron tratadas con "NPK 60-90-120 + *G. intraradices*". En tanto que las plantas tratadas con "NPK 150-90-150", "NPK 150-150-150", y "La Molina", mostraron los menores valores promedio de proteínas solubles totales (45.73; 44.87; y 44.85 ug/g muestra, respectivamente). Las plantas que recibieron los tratamientos "NPK 150-150-150 + *G. intraradices*", "La Molina + *G. intraradices*", "NPK 150-90-150 + *G. intraradices*", y "NPK 60-90-120"; presentaron valores intermedios entre el mayor y los menores valores (47.07; 48.67; 54.61; y 56.03 ug/g muestra, respectivamente).

Al comparar los valores promedio de proteínas solubles totales en el tejido foliar de *P. volubilis* tratadas con diferentes concentraciones NPK y en simbiosis con el "hongo" micorrícico arbuscular *G. intraradices* mediante el test de rango múltiple de Tukey HSD (Fig. 1), se observaron diferencias entre el tratamiento "NPK 60-90-120 + *G. intraradices*" y los tratamientos "NPK 150-90-150", "NPK 150-150-150", y "La Molina". Sin

embargo, no se observaron diferencias entre los tratamientos "NPK 60-90-120 + *G. intraradices*", "NPK 150-150-150 + *G. intraradices*", "La Molina + *G. intraradices*", "NPK 150-90-150 + *G. intraradices*", y "NPK 60-90-120". Tampoco se encontraron diferencias entre los tratamientos "NPK 150-90-150", "NPK 150-150-150", "La Molina", "NPK 150-150-150 + *G. intraradices*", "La Molina + *G. intraradices*", "NPK 150-90-150 + *G. intraradices*", y "NPK 60-90-120".

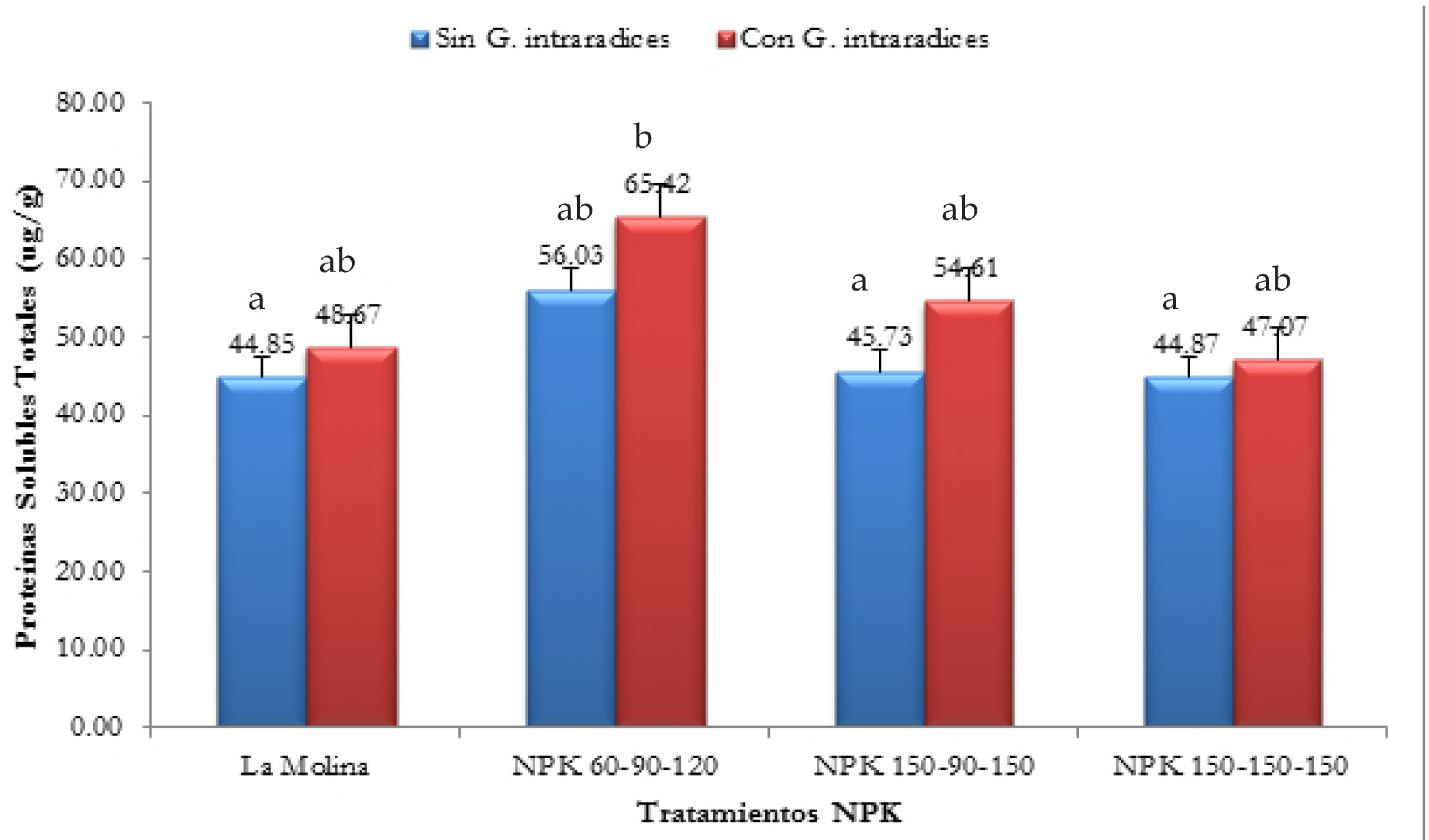


Fig. 1: Contenido promedio de proteínas solubles totales en el tejido foliar de plantas de *P. volubilis* "sacha inchi", tratadas con diferentes concentraciones NPK e inoculadas con *G. intraradices*, a los 60 días de tratamiento. Los promedios marcados con la misma letra no son diferentes significativamente ($p<0.05$), determinado por el test de rango múltiple de Tukey HSD. La línea vertical en la parte superior de cada barra representa el error estándar.

Cuando se realizó el análisis de los incrementos del contenido promedio de proteínas solubles totales en el tejido foliar de plantas de *P. volubilis* "sacha inchi", con respecto al control no inoculado (Fig. 2), se observó variación en el contenido de proteínas solubles totales (Fig. 2), encontrándose diferencias significativas ($p<0.05$) al realizarse la prueba ANOVA. El mayor incremento, fue causado por el tratamiento "NPK 60-90-120 + G. intraradices". En tanto que las plantas tratadas con "La Molina + *G. intraradices*", "NPK 150-90-150", "NPK 150-150-150", y "NPK 150-150-150 + *G. intraradices*", no mostraron incremento con respecto al control no inoculado. Las plantas que recibieron los tratamientos "NPK 60-90-120"; y "NPK 150-90-150 + *G. intraradices*"; presentaron incrementos intermedios entre el mayor y los menores.

Al comparar los incrementos promedio de proteínas solubles totales en el tejido foliar de *P. volubilis* tratadas con diferentes concentraciones NPK y en simbiosis con el "hongo" micorrícico arbuscular *G. intraradices* mediante el test de rango múltiple de Tukey HSD (Fig. 2), se observó incremento significativo en el tratamiento "NPK 60-90-120 + *G. intraradices*". Sin embargo, no se encontraron incrementos significativos en los tratamientos "NPK 150-90-150", "NPK 150-150-150", "La Molina", "NPK 150-150-150 + *G. intraradices*", "La Molina + *G. intraradices*", "NPK 150-90-150 + *G. intraradices*", y "NPK 60-90-120".

Se observaron diferencias entre el incremento del tratamiento "NPK 60-90-120 + *G. intraradices*" y el de los tratamientos, "La Molina + *G. intraradices*", "NPK 150-90-150", "NPK 150-150-150", y "NPK 150-150-150 + *G. intraradices*". Sin embargo, no se observaron diferencias entre los incrementos de los tratamientos "NPK 60-90-120 + *G. intraradices*", "NPK 60-90-120", y "NPK 150-90-150 + *G. intraradices*".

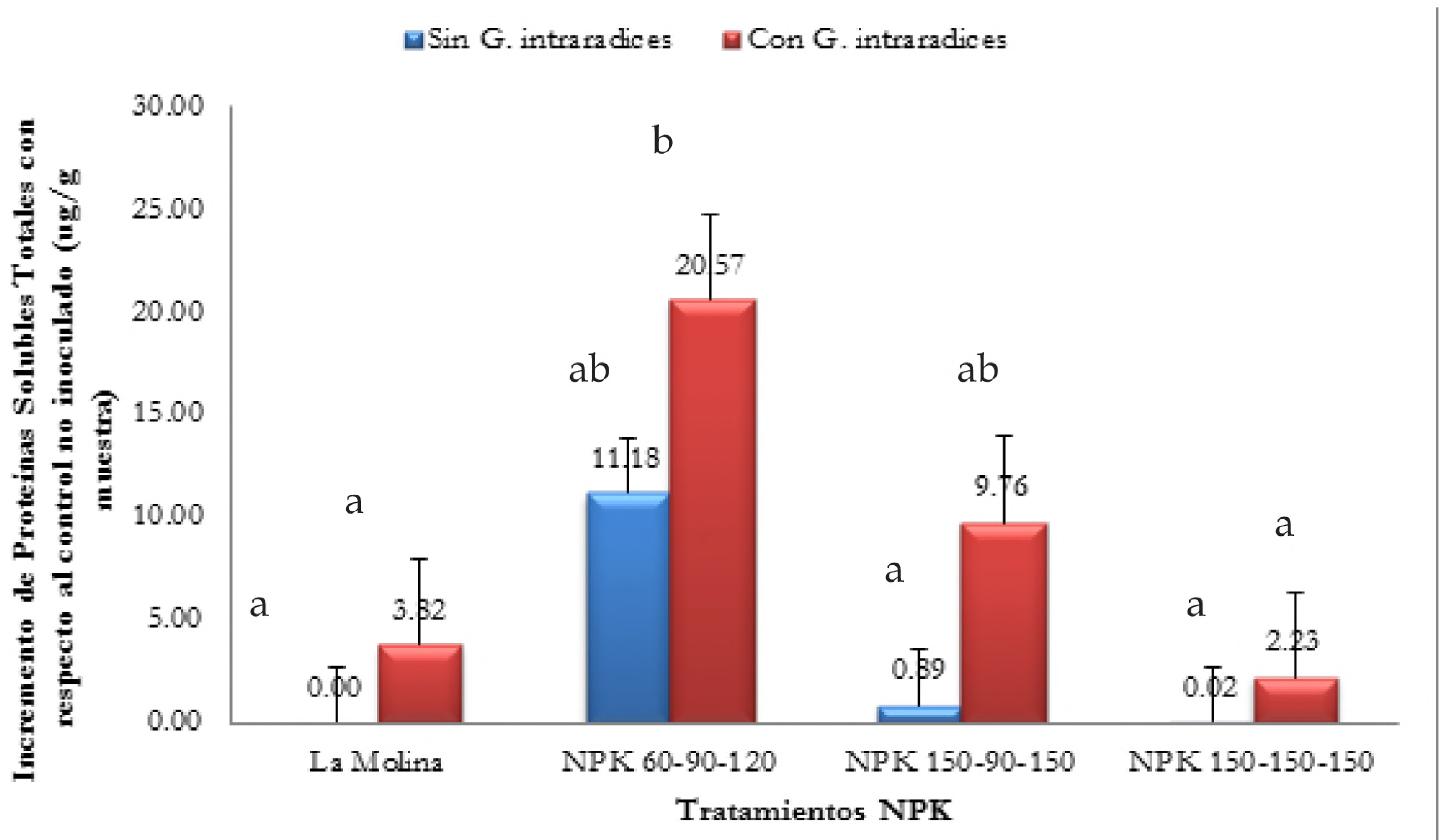


Fig. 2: Incremento promedio del contenido de proteínas solubles totales con respecto al control no inoculado, en el tejido foliar de plantas de *P. volubilis* "sacha inchi" tratadas con diferentes concentraciones NPK e inoculadas con *G. intraradices*, a los 60 días de tratamiento. Los incrementos marcados con la misma letra no son diferentes significativamente ($p<0.05$), determinado por el test de rango múltiple de Tukey HSD. La línea vertical en la parte superior de cada barra representa el error estándar.

Discusión

El uso de "hongos" micorrícicos arbusculares, junto con la fertilización NPK, permite lograr efectos benéficos significativos sobre el contenido de nutrientes de las plantas, su crecimiento vegetativo y su producción (Boucher, 1999; Díaz *et al.*, 2007). El uso adecuado de este binomio, permite establecer sistemas autosostenibles, con reducidas aplicaciones de productos químicos y resultados económicamente rentables (Baar, 2008). Estas observaciones sustentan los resultados obtenidos en el presente trabajo, donde la cantidad de proteínas solubles totales encontradas en el tejido foliar de *P. volubilis* L. "sacha inchi", fue mayor en el tratamiento "NPK 60-90-120 + *G. intraradices*", que presentó la cantidad NPK más baja junto a la simbiosis con el "hongo". Además, al analizar los incrementos de proteínas solubles encontradas, se observó, que el valor obtenido por este tratamiento estuvo muy por encima del tratamiento control con la solución nutritiva La Molina, a pesar de que concentración NPK de este último tratamiento fue más elevada. Por ello, el empleo de *G. intraradices* junto con una adecuada concentración NPK, se puede constituir en una alternativa efectiva y altamente rentable en el cultivo de *P. volubilis*, al no requerirse ingentes cantidades de fertilizantes para lograr mejores rendimientos.

Muchos investigadores han reportado que las altas concentraciones NPK ejercen un efecto inhibitorio sobre el crecimiento de los hongos micorrícicos arbusculares (León, 2006; Roveda & Polo, 2007). Es decir, mientras el nivel de NPK aumenta, se inhibe la simbiosis con el hongo, se reduce

la absorción de nutrientes y se disminuye la cantidad de proteínas solubles totales en el tejido foliar. Este comportamiento fue observado en el presente trabajo, en el que los contenidos de proteínas solubles totales más bajos, se encontraron en las plantas que recibieron los tratamientos con valores NPK más elevados ("La Molina" y "NPK 150-150-150"). Por otra parte, se ha demostrado que las plantas pobremente fertilizadas y en simbiosis con *Glomus* sp., presentan mejor desarrollo, debido a que el crecimiento del "hongo" se favorece en presencia de niveles bajos de nutrientes, especialmente fósforo (Purakayastha, 2001; Govindarajulu *et al.*, 2005). Este comportamiento, también fue observado en el presente estudio, en el que la concentración de nutrientes más baja ("NPK 60-90-120") indujo resultados más elevados e incrementos significativos, en presencia del "hongo" micorrícico arbuscular.

La fertilización con NPK, produce cambios en los rendimientos de cultivos agrícolas y en el desarrollo de plantas ornamentales (Finck, 1988). Además, se ha demostrado que esta fertilización es capaz de inducir variación en la cantidad de proteínas solubles totales en el tejido foliar de plantas como *Physalis peruviana* L (Gonzales, 2009). Estas observaciones, contrastan con los resultados encontrados en el presente trabajo, en el que no se observaron diferencias significativas cuando fueron comparadas las plantas de acuerdo a las concentraciones NPK recibidas, probablemente debido a que las concentraciones no fueron efectivas para la etapa de crecimiento de *P. volubilis.* Los mayores resultados y los más altos incrementos, sin diferencias significativas, se obtuvieron con el tratamiento "NPK 60-90-120", que tuvo la menor cantidad NPK. De igual manera, estos resultados contrastan con lo encontrado por Ospina & Ceballos (2002) quienes mencionan que cuando hay elevadas dosis de N, P y K, se observa aumento en follaje y mayor desarrollo radicular; mientras que cuando hay deficiencias de estos elementos, se observan fenómenos como enanismo, debilidad en el tallo, retraso en el crecimiento por pérdida de la turgencia, y mayor sensibilidad a patógenos.

El hecho de que no se haya registrado variación significativa en el contenido foliar de proteínas solubles totales de *P. volubilis*, puede ser atribuido a que esta planta presenta un desarrollo heterogéneo, no habiéndose establecido variedades vegetales que presenten un crecimiento sincronizado (Arévalo, 1999). Sin embargo, la tendencia de aumento que se muestra cuando se utilizaron las concentraciones más reducidas de NPK se debería a que esta planta es poco exigente nutricionalmente. Así, lo demuestra el trabajo de Arévalo (1999), quien menciona que esta especie puede crecer normalmente en diferentes tipos de suelos, incluso, en aquellos con una fertilización muy baja, con 75 g úrea, 45 g cloruro de potasio y 45 g superfosfato triple de calcio. Además, otras investigaciones como la de Espinoza *et al.* (2009) concluyen que dosis bajas de NPK (50-25-50), son óptimas para lograr el mejor crecimiento de *P. volubilis*, en condiciones de invernadero. Por otra parte, los trabajos mencionados mostraron que las dosis NPK más elevadas no tienen efecto sobre el crecimiento de esta Euphorbiaceae. Esta situación se observó en el presente trabajo, en el que las concentraciones NPK dadas por los tratamientos "La Molina" y "NPK 150-150-150", presentaron los menores valores promedio de proteínas solubles totales.

La simbiosis con "hongos" micorrícos arbusculares, origina variaciones en el crecimiento de diversas plantas. Estos

organismos absorben los nutrientes del suelo y los intercambian con las plantas por carbón fotosintéticamente fijado, permitiendo mejor desarrollo en las plantas (Purakayastha, 2001; Govindarajulu *et al.*, 2005). Además, se ha encontrado que la simbiosis de estos hongos induce aumentos en la síntesis de metabolitos como proteínas (Roveda, 2007), además de otros beneficios. Estas observaciones contrastan con los resultados del presente estudio, donde no se observaron incrementos significativos en el contenido de proteínas solubles totales en relación a la aplicación de *G. intraradices,* cuando se aplicaron las mismas dosis NPK. Ello demostraría que la aplicación de este hongo no es eficiente por sí sola para incrementar la cantidad de proteínas solubles totales, requiriendo de una concentración NPK adecuada, con valores bajos de fósforo para poder tener efecto en *P. volubilis*.

El mecanismo mediante el cual los "hongos" micorrícicos arbusculares provocan estos efectos, está basado en el establecimiento de una relación simbiótica. En esta simbiosis, los hongos colonizan los sistemas radiculares de las plantas, para modular el crecimiento de estas, mejorando la disponibilidad de nutrientes, principalmente fósforo (Karandashov & Bucher, 2005). Las vías por las que estos organismos fúngicos toman los nutrientes y lo transfieren a las planta, han sido estudiadas por diversos investigadores. Govindarajulu *et al.* (2005), quienes demostraron que el hongo incorpora el nitrógeno en diferentes aminoácidos y luego los trasloca desde el micelio extraradicular hacia el intraradicular en forma de arginina. Por su parte, Cox *et al.* (1980) demostraron que el fósforo es traslocado en forma de gránulos de polifosfato, a través de corrientes citoplasmáticas, lo que hace que este elemento se encuentre altamente disponible para la planta

Los resultados de esta investigación indican que, tanto la fertilización NPK, como la aplicación de HMA, podrían ser los dos pilares más importantes para lograr un mejor desarrollo vegetativo, con altas cantidades de metabolitos en diversas plantas (Blanco & Salas, 1997), entre las cuales según los resultados obtenidos, se encontraría *P. volubilis* "sacha inchi".

Conclusiones

Las concentraciones NPK 150-90-150; 150-150-150; y 190-35-210, y la interacción simbiótica con *Glomus intraradices* Schenck & Smith ocasionan variación en el contenido de proteínas solubles totales en el tejido foliar de *Plukenetia volubilis* L. "sacha inchi", a los 60 días de tratamiento.

La concentración NPK 60-90-120, induce mayor contenido de proteínas solubles totales en el tejido foliar de plantas de *Plukenetia volubilis* L. "sacha inchi", en interacción simbiótica con *Glomus intraradices* Schenck & Smith.

Las concentraciones NPK 150-90-150; 150-150-150; y 190-35-210, no inducen cambios significativos en el contenido foliar de proteínas solubles totales en plantas de *Plukenetia volubilis* L. "sacha inchi" inoculadas o no con *Glomus intraradices* Schenck & Smith.

Agradecimientos

Al Mblgo. José Peredo Arias, Jefe del Laboratorio de Biotecnología del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC, quien donó las semillas producidas en el campo experimental a su cargo. A la Dra. Adriana Hernández Dorrego, Jefa del Laboratorio de Producción de la empresa Agrotecnologias Naturales Sociedad Limitada – Madrid,

España, quien facilitó las esporas de *Glomus intraradices* a través del producto comercial AEGIS Endo Gránulo.

A Ramiro Ortega Dueñas, por su ayuda en las traducciones.

Literatura citada

Al-Karaki, G.; B. McMichael & J. Zak. 2004. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. Mycorrhiza 14 (4): 263-269.

Arévalo, G. 1999. El Cultivo de "Sacha Inchi" (*Plukenetia volubilis* L.) en la Amazonía. Programa Nacional de Investigación en Recursos Genéticos y Biotecnología – PRONARGEB. Estación Experimental El Porvenir. Tarapoto.

Baar, J. 2008. From Production to Application of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Agricultural Systems: Requirements and Needs. Mycorrhiza 4 (1): 361-373.

Blanco, A. & E. Salas. 1997. Micorrizas en la agricultura: contexto mundial e investigación realizada en Costa Rica. Agronomía Costarricense 21 (1): 55-67.

Boucher, A.; Y. Dalp & C. Charest. 1999. Effect of arbuscular mycorrhizal colonization of four species of *Glomus* on physiological responses of maize. Journal of Plant Nutrition 22 (4-5): 783-797.

Bradford, M. 1976. A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding. Analytical Biochemistry 1 (72): 248-254.

Cardoso, M. & T. W. Kuyper. 2006. Mycorrhizas and tropical soil fertility Agriculture, Ecosystems and Environment 116 (1): 72-84.

Clement, R. & M. Habte. 1995. Genotypic variation in vesicular-arbuscular mycorrhizal dependence of the Pejibaye palm. Journal of Plant Nutrition 18 (9): 1907-1916.

Cox, G.; K. J. Moran; F. Sanders; C. Nockolds & P. B. Tinker. 1980. Translocation and transfer of nutrients in vesicular-arbuscular mycorrhizas. Iii. Polyphosphate granules and phosphorus translocation. New Phytologist 84 (4): 649 – 659.

Díaz, R.; A. Díaz; I. Garza & A. Ramírez De León. 2007. Brassinoesteroides e inoculación con *Glomus intraradices* en el crecimiento y la producción de "sorgo" en campo. TERRA Latinoamericana 25 (1): 77-83.

Ekanayake, J.; J. Oyetunji; O. Osonubi & O. Lyasse. 2004. The effects of arbuscular mycorrhizal fungi and water stress on leaf chlorophyll production of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) International Journal of Food, Agriculture and Environment 2 (2): 190-196.

Espinoza, J.; J. Castro & R. Guillén. 2009. Crecimiento de *Plukenetia volubilis* L. "sacha inchi" cultivado en condiciones de invernadero. Arnaldoa 16 (1): 53-59.

Finck, A. 1988. Fertilizantes y fertilización. Editorial Reverte, México. 1º Ed. 439 pp.

Gonzales, C. I. 2009. Efecto de diferentes concentraciones NPK sobre el contenido de proteínas solubles totales en *Physalis peruviana* L. Tesis Biología. Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo. Perú.

Govindarajulu, M.; P. Pfeffer; J. Hairu; J. Abubaker; D. Douds; J. Allen; H. Bücking; P. Lammers & Y. Shachar-Hill. 2005. Nitrogen transfer in the arbuscular mycorrhizal simbiosis. Nature 435 (7043): 819-823.

Karandashov, V. & M. Bucher. 2005 Symbiotic phosphate transport in arbuscular mycorrhizas. TRENDS in Plant Science 10 (1): 22-29.

León, D. 2006. Evaluación y caracterización de micorrizas arbusculares asociadas a "yuca" (*Manihot esculenta*) en dos regiones de la amazonia colombiana. Tesis de Microbiología agrícola y veterinaria. Facultad de Ciencias de la Pontificia Universidad Javeriana. Colombia.

Llonín, D. & N. Medina. 2002. Nutrición mineral con N, P y K en la simbiosis hongos micorrizógenos-tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) en Ferralsols. Cultivos Tropicales Bogotá 23 (4): 83-88.

Medina, N.; R. Morejón; F. Cuevas & G. Díaz. 2000. Efecto de la biofertilización con hongos micorrizógenos (MA) en el cultivo del "tomate". Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas Revista Avances de La Habana 2 (4): ISSN 1562-3297.

Mohammad, A.; B. Mitrab & A. G. Khana. 2004. Effects of sheared-root inoculum of *Glomus intraradices* on wheat grown at different phosphorus levels in the field. Agriculture, Ecosystems & Environment 103 (1): 245-249.

Mosse, B. 1963. Vesicular-arbuscular mycorrhiza: an extreme form of fungal adaptation. In: Nutman PS, Mosse B (eds) Symbiotic associations. Thirteenth symposium of the Society for General Microbiology. Cambridge University Press, Cambridge. 1st Ed.

356 pp.

Novoa, D.; S. Palma & H. Gaete. 2010. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi *Glomus* spp. inoculation on alfalfa growth in soils with copper. CHILEAN JAR 70 (2): 259-265.

Ospina, B. & H. Ceballos. 2002. La "yuca" en el tercer milenio: Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. Editorial Centro Internacional de Agricultura Tropical, Colombia. 1° Ed. 586 pp.

Purakayastha, J. & P. K. Chhonkar. 2005. Influence of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomus etunicatum* L.) on mobilization of zinc in wetland rice (*Oriza sativa* L.). Biol Fertil Soils. 33 (4): 323-327.

Roveda, G. & C. Polo. 2007. Mecanismos de adaptación de "maíz" asociado a *Glomus* spp. en suelos con bajo fósforo disponible. Agronomía Colombiana 25 (2): 349-356.

Verdejo, S.; C. Calvet & J. Pinochet. 1990. Efecto de la Micorrización en "Kiwi" infestado por los Nematodos *Meloidogyne hapla* y *M. javanica*. Bol. San. Veg. Plagas 1 (16): 619-624.

Villegas, I. 2009. Adaptación y producción de "sacha inchi", *Plukenetia volubilis* L. en el sector San José-Virú, La Libertad. Tesis Ingeniería Agrónoma. Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Trujillo. Perú.

ANEXOS

I. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

1.1. Análisis Estadístico de Proteínas Solubles Totales según Tratamientos NPK y *Glomus intraradices*

a) Resumen Estadístico para Proteínas Solubles Totales

Tratamientos	Frecuencia	Media	Varianza	Error estándar
La Molina	3	44.8472	6.09203	1.74528
La Molina+G. intrarad	3	48.6662	3.90132	1.39666
NPK 150-150-150	3	44.866	0.413535	0.454717
NPK 150-150-150+G. I	3	47.0737	0.426051	0.461547
NPK 150-90-150	2	45.7339	0.00347912	0.0417081
NPK 150-90-150+G. in	2	54.6081	4.26962	1.4611
NPK 60-90-120	3	56.0269	0.178306	0.298585
NPK 60-90-120+G. int	3	65.4214	171.085	9.24893
Total	22	50.9054	61.7942	1.96523

b) Tabla ANOVA para Proteínas Solubles Totales según Tratamientos

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	740.543	7	105.792	4.54	0.0248
Intra grupos	186.37	8	23.2962		
Total (Corr.)	926.913	15			

c) Contraste Múltiple de Rango HSD de Tukey (95%) para Proteínas Solubles Totales según Tratamientos

Tratamientos	Frec.	Media	Grupos homogéneos
La Molina	3	44.8472	X
NPK 150-150-150	3	44.866	X
NPK 150-90-150	2	45.7339	X
NPK 150-150-150	3	47.0737	XX
La Molina+G. int	3	48.6662	XX
NPK 150-90-150+	2	54.6081	XX
NPK 60-90-120	3	56.0269	XX
NPK 60-90-120+G.	3	65.4214	X

1.2. Análisis Estadístico del Incremento de Proteínas Solubles Totales según Tratamientos NPK y *Glomus intraradices*

a) Resumen Estadístico para Incremento de PST

Tratamiento	Frecuencia	Media	Varianza	Error estándar
La Molina	3	0.0	0.0	0.0
La Molina+G. intrara	3	3.81906	0.243076	0.348623
NPK 150-150-150	3	0.0188679	3.33112	1.29057
NPK 150-150-150+G. i	3	2.22654	3.29596	1.28374
NPK 150-90-150	2	0.886693	5.80434	1.70357
NPK 150-90-150+G. in	2	9.76091	0.161521	0.284184
NPK 60-90-120	3	11.1797	4.18587	1.4467
NPK 60-90-120+G. int	3	20.5743	112.609	7.50365
Total	24	6.05826	58.0116	1.90413

b) Tabla ANOVA para Incremento de PST según Tratamiento

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	740.543	7	105.792	6.53	0.0084
Intra grupos	129.631	8	16.2039		
Total (Corr.)	870.174	15			

c) Contraste Múltiple de Rango HSD de Tukey (95%) para Incremento de PST según Tratamiento

Tratamiento	Frec.	Media	Grupos homogéneos
La Molina	2	0.0	X
NPK 150-150-150	2	0.0188679	X
NPK 150-90-150	2	0.886693	X
NPK 150-150-150	2	2.22654	X
La Molina+G. in	2	3.81906	X
NPK 150-90-150+	2	9.76091	XX
NPK 60-90-120	2	11.1797	XX

II. FOTOS

Plántulas de *Plukenetia volubilis* a los 45 días de haber recibido los tratamientos.

Arnaldoa 21 (2): 343 - 358, 2014 ISSN: 1815-8242

Onosma (Boraginaceae) pollen interactions with *Bombus terrestris* (buff-tailed bumblebee) species in Jordan

Interacciones del polen de *Onosma* (Boraginaceae) con la especie *Bombus terrestris* (abejorro común) en Jordania

S. Al-Qura'n
Mu'tah University, Department of Biology, Faculty of Science, Karak, Jordan.

Abstract

The relationships between pollen morphology of three *Onosma* species and their interactions with their insect visitors *Bombus terrestris* during springs of 2012 and 2013 were studied in Jordan. Pollen morphology characteristics (type and size of pollen grains, pollen shape, symmetrical structures between pollen grains and the pollen visitors, polar and equatorial measurements, P/E ratios, structures of endo- and ecto- apertures) were investgated to formulate any possible way of interactions. Certain kind of bees *Bombus terrestris* (buff-tailed bumblebee) was observed as the most abundant visitor especially on the flowers of *Onosma* in April although many other honey bees were observed like *Apis mellifera, Bombus impatiens, Apis dorsata* and *A. florea* but in very low frequencies. *Onosma* species in Jordan as all boraginacean species produces a large amount of whitish polliniferous dust, thus considered as a potential source for all pollen visitor species of bees, especially Bombus terrestris known as buff-tailed bumblebee. Three *Onosma* species were investigated palynologically by LM and SEM. The pollen class is either 3 zonocolporate (*Onosma aleppica* Boiss and Onosma frutescens Lam.) or 4-zonocolporate (*Onosma cinerea* Schreber). Polar measurements ranges are (37-43) µm for *Onosma aleppica* Boiss, (42-45) µm for *Onosma cinerea* Screber and (41-44) µm for *Onosma frutescens* Lam. Equatorial measurement ranges are (26-34) µm for *Onosma aleppica* Boiss, (28-34) µm for *Onosma cinerea* Screber and (28-33) µm for Onosma frutescens Lam. P/E ratio ranges between (1.41–1.39) for *Onosma aleppica* Boiss, (1.49-1.33) for *Onosma cinerea* Schreber and (1.45-1.28) for *Onosma frutescens* Lam. Pollen outline has been recognized, the equatorial view for all *Onosma* species examined was rectangular-elliptic; the polar view was triangular for all species. P/E ratio view was erect for all species examined. The most important diagonistic factor in recognition of pollen morphology of *Onosma* species is in the endoaperture and ectoaperture which showed some kind of variation reflected on their pollen visitor association. The morphology of ectoaperture structures (colpi, fastigium and margins) for the three species exhibited short colpi, absence of fastigium with indistinct margins for *Onosma aleppica* Boiss, long colpi, presence of fastigium and indistinct margin for *Onosma cinerea* Schreber and short colpi, presence of fastigium and distinct margin of *Onosma frutescens* Lam. The morphology of endoaperture structures (colpi, costae and margins) has reflected also distinguished variation; *Onosma aleppica* Boiss showed short colpi, presence of costae and indistinct margin, *Onosma cinerea* Schreber showed short to long colpi in general, absence of costae and distinct margins

Keywords: *Onosma*, Boraginaceae, pollen interactions, *Bombus terrestris,* Jordan

Resumen

Se estudiaron las relaciones entre la morfología del polen de tres especies de *Onosma* y sus interacciones con los insectos visitantes *Bombus terrestris* durante las primaveras de 2012 y 2013 en Jordania. Las características morfológicas del polen (tipo y tamaño de los granos de polen, forma del polen, estructuras simétricas entre los granos de polen y los visitantes del polen, medidas polares y ecuatoriales, relaciones P/E, estructuras de las endo y ecto aperturas) fueron investigadas para establecer cualquier posible modo de interacción. Cierto grupo de abejas *Bombus terrestris* (abejorro común) fueron observadas como las visitantes más abundantes en las flores de *Onosma* especialmente en abril, aunque fueron observadas muchas otras abejas de miel, tales como *Apis mellifera, Bombus impatiens, Apis dorsata* y *A. florea,* pero con muy poca frecuencia. Las especies de *Onosma* en Jordania, al igual que todas las especies de boragináceas, producen una gran cantidad de polvillo polinífero blanquecino, por lo tanto son consideradas como atractivo potencial de todas las especies de abejas visitantes del polen, especialmente *Bombus terrestris* conocida como abejorro común. Tres especies de *Onosma* fueron estudiadas palinológicamente con microscopio óptico y microscopio electrónico de barrido. El tipo de polen es 3-zonocolporado (*Onosma aleppica* Boiss y *Onosma frutescens* Lam.) y 4-zonocolporado (*Onosma cinerea* Schreber). Los rangos de las medidas polares son (37-43) µm para *Onosma aleppica* Boiss, (42-45) µm para *Onosma cinerea* Schreber y (41-44)

µm para *Onosma frutescens* Lam. Los rangos de las medidas ecuatoriales son (26-34) µm para *Onosma aleppica* Boiss, (28-34) µm para *Onosma cinerea* Schreber y (28-33) µm para *Onosma frutescens* Lam. Las relaciones P/E varían entre (1.41-1.39) para *Onosma aleppica* Boiss, (1.49-1.33) para *Onosma cinerea* Schreber y (1.45-1.28) para *Onosma frutescens* Lam. Los perfiles del polen han sido reconocidos. La vista ecuatorial para todas las especies de *Onosma* examinadas fue rectangular–elíptica; la vista polar fue triangular para todas las especies. La vista de la relación P/E fue levantada para todas las especies examinadas. El más importante factor de diagnóstico en el reconocimiento de la morfología del polen de las especies de *Onosma,* está en la endoapertura y la ectoapertura, las cuales mostraron cierto tipo de variación reflejada en su asociación con los visitantes del polen. La morfología de las estructuras de ectoapertura (colpos, fastigio y márgenes) exhibió colpos cortos, ausencia de fastigio con márgenes indistintos para *Onosma aleppica* Boiss; colpos largos, presencia de fastigio y margen indistinto para *Onosma cinerea* Schreber; y colpos cortos, presencia de fastigio y margen distinto para *Onosma frutescens* Lam. La morfología de las estructuras de endoapertura (colpos, costillas y márgenes) ha reflejado también variaciones distinguibles; *Onosma aleppica* Boiss mostró colpos cortos, presencia de costillas y margen indistinto; *Onosma cinerea* Schreber mostró colpos cortos y largos en general, ausencia de costillas y márgenes distintos.

Palabras clave: *Onosma*, Boraginaceae, interacciones del polen, *Bombus terrestris*, Jordania.

Introduction

Onosma as genus from Boraginaceae is well known and widely distributed in Jordan, which is located in unique position in the heart of the middle east between longitudes 53^0 40′ and 39^0 E, and between latitudes 29^0 30′ and 34^0 N, this location of Jordan gives this country extraordinary opportunity to comprise at least four main different phytogeographical elements from north to south and from west to east (mediteranean, irano-teranean, saharo-arabian and nubo-sudanian), surely this leaded to geobotanical variation which enriches the plant biodiversity in jordanian territories, and reflected over the high spectrum of plant species. *Onosma* is widely producing different kinds of pollineferous dusts especially during spring pollination times, which interconnected large variation of insects especially buff-tailed bomblebees as pollen visitors between the wild and cultivated species (Bender, 1974; Al-Quran, 1986; 1988; 2010; 2011).

Onosma genus has unique potential in production of a vast quantities of nectar-pollen complex secreted from a certain secretory cells mixed with white pollineferous material attracting different kinds of hymenopteran species. The investigation of pollen morphology of *Onosma* is considered a very important morphological evidence to investigate some aspects related to pollen class, endoaperture, ectoaperture structures, polar and equatorial measurements, P/E ratio and pollen outline shape and structure, to see whether some palynological variations among the examined species will exist, and will be relied on for such characterizations and differentiation among the *Onosma* species having the role for such attraction between the pollen grains and their visitors especially from *Bombus terrestris* species (Zohary & Feibrun-Dothan, 1962-1986; Adam, 2001; Khayyat & Mursi, 1981; Peter, 1994; Prance, 2001; Punt *et al*.,1994).

The floral parts of *Onosma* species are consisting of gametophytic male structures represented by androecium and gametophytic female structures represented by gynoecium located in the central part of the flowers surrounded externally by

perianth parts represented by calyx and corolla, this kind of floral arrangement is typically found as general morphological shape of this family enabling the flowers of *Onosma* to attract certain types of buff-tailed bomblebees (*Bombus terrestris*) during the pollination times. Also the inflorescence of *Onosma* is similar to other boraginacean, composed of many simple clusters of several flowers. The presence of colored lobulated external purple glandular trichomes and hairs in form of papillae near the base of floral parts especially corolla, is considered the source of nectar production release high quantities of nectar-pollen substrate to facilitate this kind of pollen visitors' attraction (Zohary, 1973; Anderson & Gensel 1976; Boulos,1979; Al-Quran, 2005).

All the palynological terms and definitions used in general in such studies are related to the structures seen by LM and ultrastructural parts of the pollen grains seen by SEM are focusing in the ectoaperture and endoaperture of pollen grains, these structures are considered as a complex structures especially which deals with colpi, costae, fastigia; these structures are vary from species to species. These structures which are similar to echinae and micro-echinae in form of spine-like projections giving the pollen exine an ornamental view may be investigated to see whether they can depend upon as an important distinguishing complimentary characters in delimitation among the species of the same genus or the subspecies of the same species (Rodriguez *et al.,* 1998; Al-Quran, 2010; 2011; Sharma, 1974; Samways, 1990).

It is obvious from the previous studies the lack of any pollen insect associations image between the pollen grains of *Onosma* and its pollen visitors of buff-tailed bumblebees, which was the most intrinsic factor to initiate this kind of investigation, and in addition to that, these species are producing certain kinds of pollen grains visited by a different types of insects representing different orders and classes. Absolutely the floral structures of *Onosma* species with their pollen grains are considered to have the potentiality to form this kinf of specialized intimate relationship with pollen visitors to reinforce this association with pollen and nectar as rewards for the visitors. doubtless there was a correlations representing similarities which was lead to some kind of superimposing between the anther structures as the source of pollen grains, corolla bases as the source of nectar and the pollen visitors attracted, so these pollen morphological characteristics and the pollen-nectar as rewards to pollen visitors forming what is similar to blooming time. All previous works are stressing on the seasonality followed by the different pollen visitors of insects as the ultimate factor of initiation reflecting different observed patterns of visitor distribution among the examines species of *Onosma* for the collection of pollen-nectar as potential rewards introduced by these plant flowers (Thorp, 1979; Stickel *et al.*, 2000; Adailkan & Guathaman, 2001; Boulos & Al-Eisawi, 1977; Boulos & Lehham, 1978).

The formulation of pollen-insect association between the plant and the pollen morphology of *Onosma* species interactions with their insect visitors *Bombus terestris* (buff-tailed bomble bees) is surely reflecting some kind of specialized structural adaptations. Pollen morphology traits regarding ectoaperture, endoaperture morphology of pollen grains, fastigia, colpi of pollen grains, margins of polar and equatorial measurements, pollen type, size of pollen grains, pollen shape, symmetrical structures between pollen grains and the pollen visitors, and therefore P/E ratio

are playing a major rules to formulate any possible way of interactions. Buff-tailed bomble bees (*Bombus terrestris*) was the most observed and abundant especially on the flowers of *Onosma* in April.

Four main objectives of this study, they are: 1) to speculate whether *Onosma* plant flower having some kind of particular morphological and palynological characteristics to attract certain groups of pollen visitors over others. 2) to speculate whether the understanding of the flower rewards in form of nectar-pollen complex is considered as the motivating factor that may play the major role of such pollen visitor attractions. 3) to speculate whether the attractions between the pollen visitors with the pollen grains of flowering *Onosma* particularly in the field area have a clear investigated image concerning this kind of association.

Material and methods

The collected fresh polliniferous material from different sites representing the different jordanian territories, belonging to three *Onosma* species (*Onosma aleppica* Boiss, *Onosma cinerea* Schreber and *Onosma frutescens* Lam.) by using field collecting tools (field viales and small brushes). This material was acetolysed typically according to Erdtman (1960) standard method. So 25 randomly chosen acetolysed pollen grains from 5 different slides were prepared representing the pollen grains of *Onosma* species have been prepared to be studied to collect the data required in form of pollen measurements by LM. All palynological measurements related to the pollen morphological structures with their statistical calculations were estimated for the morphometric data. All the terminologies adopted were based on Punt *et al.* (1994). All LM micrographs and measurements were taken by using Nikon HFX-11 microscope using ocular micrometer scale by glycerin Jelly method.

For SEM studies, the treated pollen grains were coated by carbon layer first, then by gold layer to increase the conduction and electron yield rates, micrographs were taken by SEM.

All observations were taking place in the area of study of Ajlun in northern heights of Jordan. These observations were from April 2011 to April 2012 during the booming syndrome The methodology used for recording the species of *Onosma* as plant species visited by buff- tailed bomble bees as pollen visitors was according to visitors and pollen counts, photographic records and specimens collection with entomological nets.

This study of plant-insect interaction is occurred in the plant communities mainly dominated by certain types of boraginacean plants especially *Onosma* species and most of them are commonly known as entomophilous plant species. In each *Onosma* species studied and visited regularly by pollen visitors, It showed some kind of correlation between flowering phenology and insect censuses with buff-tailed bomble bees (*Bombus terrestris*), the pollen grains were collected and photographed by LM and SEM.

Results and discussion

All LM and SEM micrographs taken for the pollen grains of *Onosma* species studied were exposed with their full captions (Fig. 1, 2 and 3). All palynological data concerning the observations and measurements of the pollen grains of the studied *Onosma* species were constructed (table 1 and 2). The data are collected in two main categories (1) measurements concerning

the pollen morphology of the examined *Onosma* pollen grains (2) All observations collected from the field related to pollen-insect interactions concerning the pollen of *Onosma* and buff-tailed bomble bees as pollen visitors. Related to the first category; the pollen class of the examined *Onosma* species is either 3- zonocolporate (*Onosma aleppica* Boiss and *Onosma frutescens* Lam.) or 4-zonocolporate (*Onosma cinerea* Schreber). Polar measurements ranges are identified, they were as follows: (37-43) µm for *Onosma aleppica* Boiss, (42-45) µm for *Onosma cinerea* Screber and (41-44) µm for *Onosma frutescens* Lam. Equatorial measurement ranges are also identified as follows: (26-34) µm for *Onosma aleppica* Boiss, (28-34) µm for *Onosma cinerea* Screber and (28-33) µm for *Onosma frutescens* Lam. P/E ratio are found to be ranged between (1.41–1.39) for *Onosma aleppica* Boiss, (1.49-1.33) for *Onosma cinerea* Schreber and (1.45-1.28) for *Onosma frutescens* Lam. The morphology of ectoaperture structures (colpi, fastigium and margins) for the three species exhibited short colpi, absence of fastigium with indistinct margins for *Onosma aleppica* Boiss, long colpi, presence of fastigium and indistinct margin for *Onosma cinerea* Schreber and short colpi, presence of fastigium and distinct margin of *Onosma frutescens* Lam. The morphology of endoaperture structures (colpi, costae and margins) has reflected also distinguished variation; *Onosma aleppica* Boiss showed short colpi, presence of costae and indistinct margin, *Onosma cinerea* Schreber showed short to long colpi in general, absence of costae and distinct margins. Pollen outline has been recognized, the equatorial view for all *Onosma* species examined was rectangular-elliptic; the polar view was triangular for all species. P/E ratio view was erect for all species examined. The most important diagonistic factor in recognition of pollen morphology of *Onosma* species is in the endoaperture and ectoaperture which showed some kind of variation reflected on their pollen visitor association. The morphology of ectoaperture structures (colpi, fastigium and margins) for the three species exhibited short colpi, absence of fastigium with indistinct margins for *Onosma aleppica* Boiss, long colpi, presence of fastigium and indistinct margin for *Onosma cinerea* Schreber and short colpi, presence of fastigium and distinct margin of *Onosma frutescens* Lam. The morphology of endoaperture structures (colpi, costae and margins) has reflected also distinguished variation; *Onosma aleppica* Boiss showed short colpi, presence of costae and indistinct margin, *Onosma cinerea* Schreber showed short to long colpi in general, absence of costae and distinct margins.

With respect to the second category; the insect-plant initiation of interactions is refered to the pollen morphology of studied species (long or short colpi, distinct or indistinct endoapertures and ectoapertures, presence or absence of fastigia and costae). Also *Onosma* species in Jordan as well as for all boraginacean pollen grains produces a large amount of whitish polliniferous dust and constitutes a potential source of pollen for different species of buff-tailed bomble bees, providing an interesting field for attraction of such insects. It is worthy to say that depending on the previous palynological results and measurements obtained from pollen grains of *Onosma* studied, is obviously cannot be relied on in delimitations of *Onosma* species at species level, but surely can be relied on to explain the intimate relationship between the morphology of pollen grains with pollen visitors of *Bombus terrestris*, to explain this point clearly, it is very important to reconize

the presence of such differences between the pollen grains related to polar (P) and equatorial measurements of pollen grains exhibited by an ecto-and endo-apertures morphology which are playing the role of variations in pollen-visitor attraction among the different species of *Onosma*, and this was seen clearly in most of the pollen-insect communities studied showed the presence of specialized and intimate insect-flower associations, this refers in some aspects to the complicated *Onosma* flower morphologies which hinders or facilitates this kind of visitation depending on the species visited by wide range of other insect groups. So it is clear that *Bombus terrestris* colonies are active approximately in all over the year seasons extending from winter to summer to late autumn to collect as large possible quantities of nectar as they can , so these foragers appeared in the study area early in the season on plants that show high densities and high nectar productions especially on *Onosma* flowers.

In more details, the investigated pollen grains of *Onosma* were indicating the presence or absence of some morphological characters especially in the pollen ornamentations, the size of the pollen grains and the occurrence of the little complex variated of some pollen ecto-and endo-apertures of some species of *Onosma* is highly related to the shedding process of these grains inside of the poricidal anthers during anthesis process. The shedding process is playing the most important role in playing the execution through pollen visitor vibrations or "buzz pollination" by visiting buff-tailed bomble bees. Exactly by relying on the same principle of expression, wherever the larger the pollen grains of some studied *Onosma* species with high complex pollen endoaperture and ectoaperture ornamentations, wherever the case to form deposits blocking the anther anthesis to expel the pollen grains is rising. So in this way, it is worthy to assure the presence of close relationship between the type and size of pollen morphology and the pollination syndrome by "buzz pollination" reinforcing the observations collected from the fields. Easily also, it is obvious that small sized pollen grains with little ornamentation will be expelled more easily from the poricidal anthers during the vibration of the honey bees (Erickson,1975; Edmond, 1984; Adam, 2001; Al-Quran, 2004a, 2004b; Buchman, 1986; Thorp, 1979).

The observations and data collected showed the presence of other types of insects as honey bees (*Apis mellifera*), *Bombus impatiens, Apis dorsata* and *A. florea* and wasps from (*Pterygophorus insignis*) species but in low frequencies. All the pollen visitors observed used the "buzz pollination" procedure during their foraging behaviour. The previous published studies report that "buzz pollination syndrome" requires hymenopteran species with a specific behavior for pollen removal which is typically applied to the bees from *Apis mellifera* and *Bombus terrestris* species. It is important to demonstrate the importance of this kind of association between the partners to improve the apiculture management in honey. So the previous studies were trying to provide evidences of such pollen collection strategy from pollen grains of *Onosma* species by such kind of bees (Buchman, 1986; Adam, 2001). There was a lot of previous workings investigating similar aspects concerning the interrelationship working with *Vespa orientalis* L. on the pollen grains of *Anchusa* species. These results obtained from the previous workings approved these results obtained since they showed that the collection of pollen grains by the pollen

visitors due to such pollen characteristics related to the ornamentations of pollen endo-and ecto-apertures, and these results consequently are clerifying the importance of the palynological data to understand this association depending on pollen morphology of pollen grains and the visitors (Pyle *et al*., 1991; Rates, 2001; Peter, 1994; Ricklefs, 2004; Anderson & Gensel, 1976; Friedman *et al*., 1986; Joud *et al*., 2001; Eddouks *et al*., 2002).

Edmonds (1984) obtained from similar studies on some Solanaceae species (*Solanum*) species showing that the morphological variations in pollen grains of the genus *Solanum* (Solanaceae) reflected no any significant morphological variations, because theyn refered only to exine ornamentation level related to the certain structures of ecto-and endo-apertures morphology, similar to what is happening in *Anchusa* species.

The variation in ornamentation character of ecto-and endo-apertures morphology of pollen grains is considered the crucial factor determining the phylogenetic relationships among the species in addition to genomic combinations, isolation and speciation, this result confirmed by Al-Quran (2004) through his study of pollen grains of 11 species of *Hyoscyamus* collected from different parts of Jordan.

Other researches (Buchmann, 1986; Erickson, 1975; Thorp, 1979) were going further by demonstration the presence of certain electrostatic forces, facilitating the attachment of the pollen to the body of the insect at the moment of pollination by vibration through the blooming syndrome, which facilitates finally its transference to the stigma. So the presence of a cost-benefit relationships an important fact involved in the pollination syndrome by vibrations of the bees is the major aspect. Of course the bees are exerting a large amount of energy to move their flight muscles and to complete the vibration process. Buchman (1986) confirmed the presenceto a certain degree the presence of waste of pollen grains in this process, and only pollen with a high protein level could justify this plant-insect relationship.

Conclusion

The building of such specialized and intimate associations between the pollen morphology of *Onosma* and the pollen visitor (*Bombus terrestris*) is clearly due to the need of such bees to collect the nectar and pollen by default, this certainly preclude a certain morphological adaptational similarities between he partners in the plant-pollinator interactions of the community to collect a high quantities of nectar forage as soon as possible in short time and straight way. These results may give an indication that flowers with similar reward composition tended to attract similar groups of visitors. In this regard, the pollen visitor responses to flower nectar as floral reward and considered as main motivating factor rather than responsing to the flower morphology.

The using of the palynological study as palynological evidence in taxonomy and delimitation of the three *Onosma* species is mainly not worthful, because the depending on the pollen structures and measurements seen by LM and SEM can't be depend upon in such kind of delimitation because of the high degree of similarities between the examined species which showed no clear differences in the diagonistic features exhibited, consequently they have exhibited the same inter-relationship with hymenopteran species. By the same reason, it is worthy to depend on the morphological variations of pollen grains to explain why

do some pollen visitors are attracted to certain plant pollens more than the others

The previous results obtained by the researcher have showed the presence of four different aspects must be taken in consideration to reach a better understanding the linkage between pollen morphology of *Onosma* and the pollen visitor (*Bombus terrestris*): (1) phenology construction between the the partners associated (2) morphology of the pollen visitors, (2) pollen morphology, (3) nectar-pollen rewards given by the flower to the the pollen visitor. In other words, the better understanding of importance between pollen morphology, floral rewards and flowering time of each plant species is very important to to interpreting why do certain insects to be attracted to a certain flowers definitely not to others.

This kind of studies with other complementary studies should be intensified further to have a better understanding of the existing relationships between the pollinators and the attracted species to justify the occurrence of pollination syndrome by vibration found in the observed bees in form of "buzz pollination", so this kind of association is notonly foraging strategy, but in rather is intimate reciprocal kind of exchange benefits between the partners.

Finally the main conclusion can be relied on is, wherever the pollen grain has a reduced size, the ornamentation aspects in ecto-and endo-apertures and psilated exine all together sharing to give the outline of pollen moprphology to appropriate certain behavioral form, allowing pollen grain access by small sized bees as observed with buff-tailed bomble bees species.

Literature cited

Adam, M. S. 2001. Foraging behavior of bees (Hymenoptera, Apoidea) in flowers of *Solanum palinacanthum* Dunal (Solanaceae). Revista Brasileira de Zoociências, 3 (1): 35-44.

Adailkan, P. G. & K. Gauthaman. 2001. History of herbal medicines with an insight on the pharmacological properties of *Tribulus terrestris*. The Aging Male, 4:163-169.

Al-Eisawi, D. 1982. List of Jordan Vascular plants. The Jordan University Press, Amman. pp 22-39.

Al-Qura'n, S. 2004a. Pollen Morphology of Plantaginacae in Jordan. Pak. J. Biol. Sci, 7 (9): 1594-1602.

Al-Qura'n, S. 2004b. Pollen Morphology of Solanaceae in Jordan. Pak. J. Biol. Sci, 7(9): 1586-1593.

Al-Qura'n, S. 2005. Ethnobotanical Survey of Folk Toxic Plants In Southern Part of Jordan. Toxicon, 46: 119-129.

Al-Quran, S. 2010. Pollen characteristics of three *Papaver* species and the observation of Polyphylla as thew main pollen collector. Pak. Enntomol. 32 (2): 116-124

Al-Quran, S. 2011. Pollen characteristics of three *Anchusa* species and the observation of bees as the pollen collector in Jordan. Pak. Etomol. 33 (2): 113-117.

Anderson, G. J. & P. G. Gensel. 1976. Pollen morphology and the systematics of *Solanum* Section. Basarthrum. Pollen et Spores, 18: 533-552.

Bender, F. 1974. Geology of Jordan. Berlin, Stuttgart.

Boulos, L. & D. El-Eisawi. 1977. On the flora of Ras en Naqab. Candollea 32: 81-98.

Boulos, L. & J. Lehham. 1977. On the desert flora north east of Aqaba. Candollea, 32: 99-110.

Boulos, L. 1977. On the flora of El-Jafer- Bayir desert. Candollea 32: 99-110.

Buchmann, S. L. 1986. Vibratile pollination in *Solanum* and *Lycopersicon*: a look at pollen chemistry, W. G. D'Arcy (ed.). *In* Solanaceae: biology and systematics. Columbia University Press, New York. pp. 218-252.

Eddouks, M.; M. Maghrani; A. Lemhadri; M. L. Quahidi. & H. Joud. 2002. Ethnopharm-acological survey of medicinal plants used for the treatement of *Diabetes mellitus,* hypertension and cardiac diseases in the south-eastern region of morocco (Tafilalet). J. Ethnopharmacology, 82: 97-103.

Edmonds, J. M. 1984. Pollen morphology of *Solanum* L. section Solanum. Bot. J. Linn. Soc. 88: 237-251.

Erdtman, G. 1960. The acetolysis method in a revised description. Svensk Botanisk Tidskrift, Lund, 54 (4): 561-564.

Erickson, E. H. 1975. Surface electric potentials on worker honeybees leaving and entering the hive. J. Apic. Res., 14: 141-147.

Friedman, J.; Z. Yaniv; A. Dafni & D. Palevitch. 1986. A preliminary classification of the healing potential of medicinal plants, based on a rational analysis of an ethnopharmacological field survey among Bedouins in the Negev desert, Israel. J. Ethnopharmacol., 16: 275-278.

Joud, H.; M. Haloui; H. Rhiouani; J. Ehilaly & M. Eddouks. 2001. Ethnobotanical survey of medicinal plants used for the treatment of diabetes, cardiac diseases in the north center region of Morocco (Fez-Boulemane). J. Ethnopharmacol. 77: 175-182.

Karim, F. & S. Al-Qura'n. 1988: Wild Flowers of Jordan. Yarmouk University Press, Irbid, Jordan.

Karim, F. & S. Al-Qura'n. 1986. Medicinal plants of Jordan. Yarmouk University Press, Irbid, Jordan. Pp 11-30.

Khayyat, A. A. & M. Mursi. 1981. Pharmacology and veterinary toxicology in Iraq, 1st ed., Ministry of higher Education Press, Baghdad. pp14-33.

Peter, K. E. 1994. Special differentiations associated with pollinator attraction. In: Diversity and Evolutionary Biology of Tropical Flowers. Cambridge Tropical Biology Series. pp. 148-189.

Prance, G. T. 2001. A dictionary of natural products: Terms in the filed of phamacognosy relating to medicinal and pharmaceutical materials and the plants, animals, and minerals from whom are derived. Biodivers. Conserv. 10: 301-302.

Punt, W.; S. Blackmore & A. Le Thomas. 1994. Glossary of Pollen and Spores Terminology. Utrecht, LPP Foundation.

Pyle, R. M.; Bentzien & P. Opler. 1991. Insect conservation. Ann. Rev. Entomol., 26: 233–258.

Rates, S. M. K. 2001. Plants as source of drugs. Toxicon, 39: 603-613 .

Ricklefs, E. A. 2004. A comprehensive framework for global pattern in biodiversity. Ecol. Lett, 7: 1–15.

Rodrıguez, J. P.; D. L. Pearson & R. R. Barrera. 1998. A test for the adequacy of bioindicator taxa: Are tiger beetles (Coleoptera: Cicindelidae) appropriate indicators for monitoring the degradation of tropical forests in Venezuela? Biol. Conserv., 83: 69–76.

Samways, M. J. 1990. Insect conservation ethics. Environ. Conserv., 17: 7–8.

Sharma, B. D. 1974. Contributions to the palynotaxonomy of the genus *Solanum* Linn. J. Paly., 10: 51-68.

Stickel, F.; G. Egerer & H. K. Seitz. 2000. Hepatotoxicity of botanicals. Pub. Heal. Nutr., 3: 113-124.

Thorp, R. W. 1979. Structural, behavioral, and physiological adaptations of bees (Apoidea) for collecting pollen. Ann. Miss. Bot. Gard., 66: 788-812.

Zohary, M. 1973. Geobotanical foundations of the middle east. Gustav.Fisher Verlag Stuttgart, pp 30-55.

Zohary, M. & N. Feinbrun-Dothan. 1962-1686: Flora Palaestina, Hebron University Press, Jerusalem, pp 77-90.

Anexo

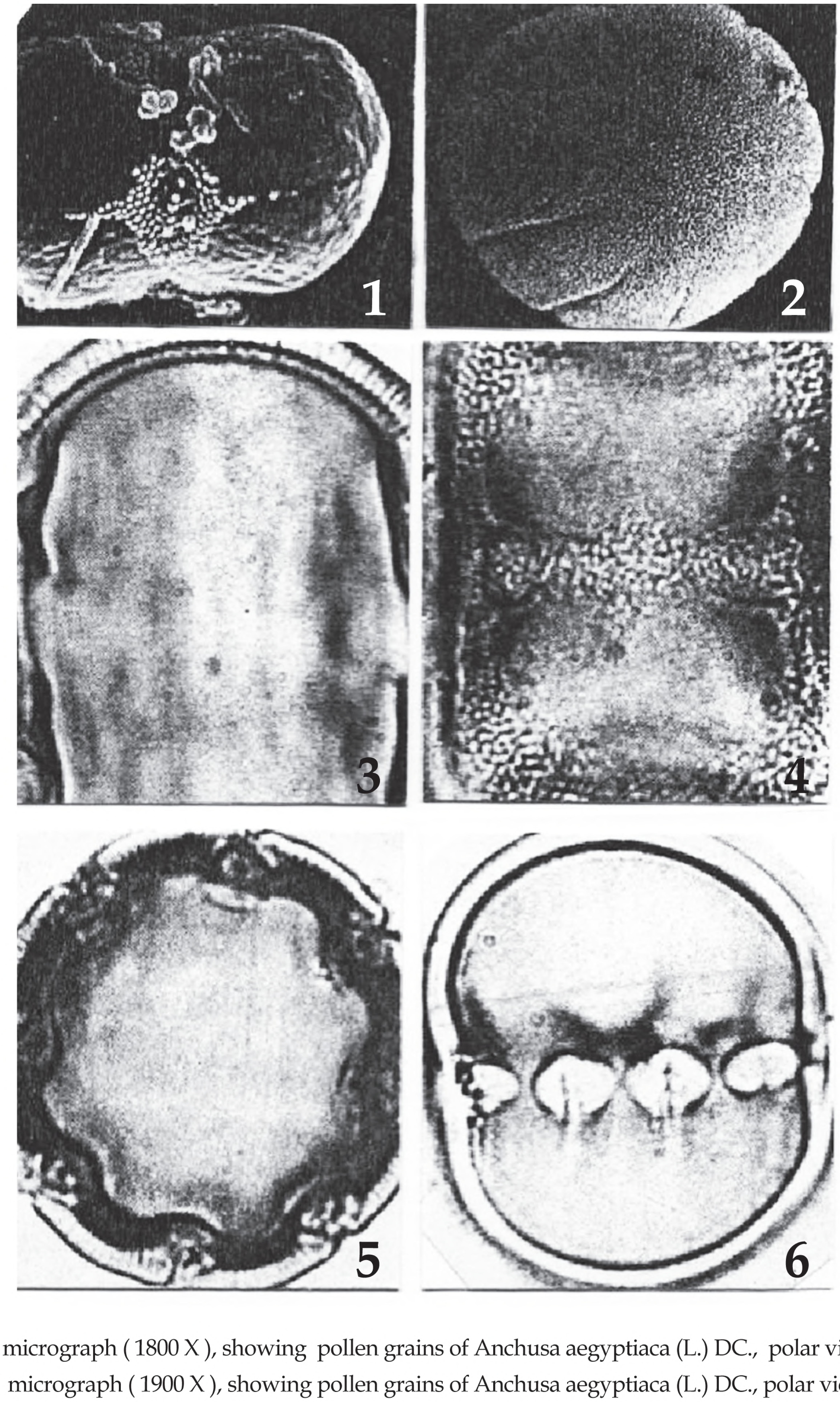


Fig . 1

1. SEM micrograph (1800 X), showing pollen grains of Anchusa aegyptiaca (L.) DC., polar view.

2. SEM micrograph (1900 X), showing pollen grains of Anchusa aegyptiaca (L.) DC., polar view.

3. LM micrograph (1000 X), showing pollen grains of Anchusa itaica Retz., equatorial view.

4. LM micrograph (1100X), showing pollen grains of Anchusa strigosa Banks & Sol., equatorial view.

5. LM micrograph (1200X), showing pollen grains of Anchusa itaica Retz., polar view.

6. LM micrograph (1160X), showing pollen grains of Anchusa strigosa Banks & Sol., equatorial view.

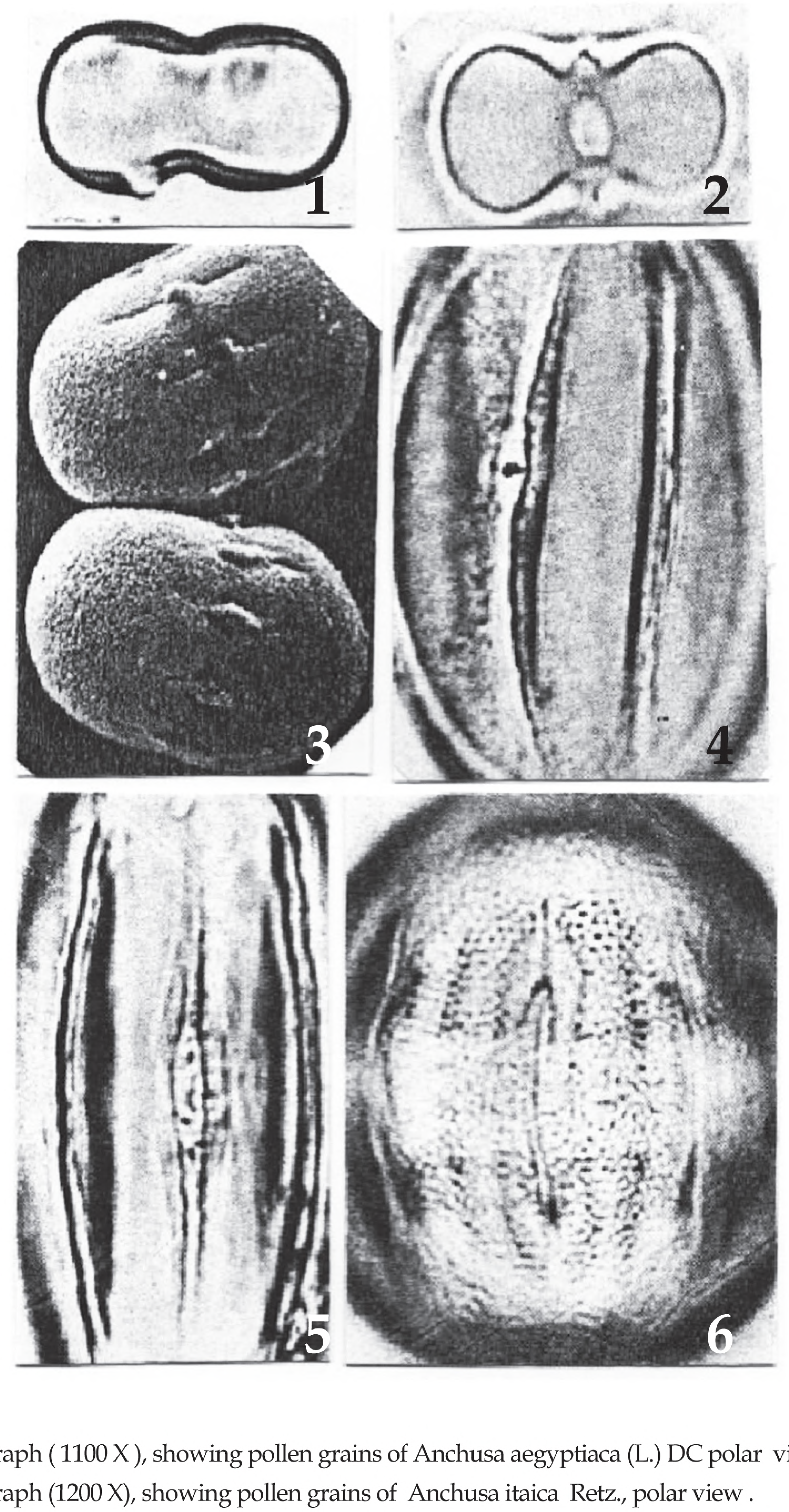


Fig . 2

1. LM micrograph (1100 X), showing pollen grains of Anchusa aegyptiaca (L.) DC polar view.
2. LM micrograph (1200 X), showing pollen grains of Anchusa itaica Retz., polar view .
3. SEM micrograph (1700 X), showing pollen grains of Anchusa strigosa Banks & Sol., equatorial view .
4. LM micrograph (1100 X), showing pollen grains of Anchusa aegyptiaca (L.) DC, equatorial view .
5. LM micrograph (1000 X), showing pollen grains of Anchusa itaica Retz., ornamentation in focus.
6. LM micrograph (1100X), showing pollen grains of Anchusa aegyptiaca (L.) DC, ornamentation in focus.

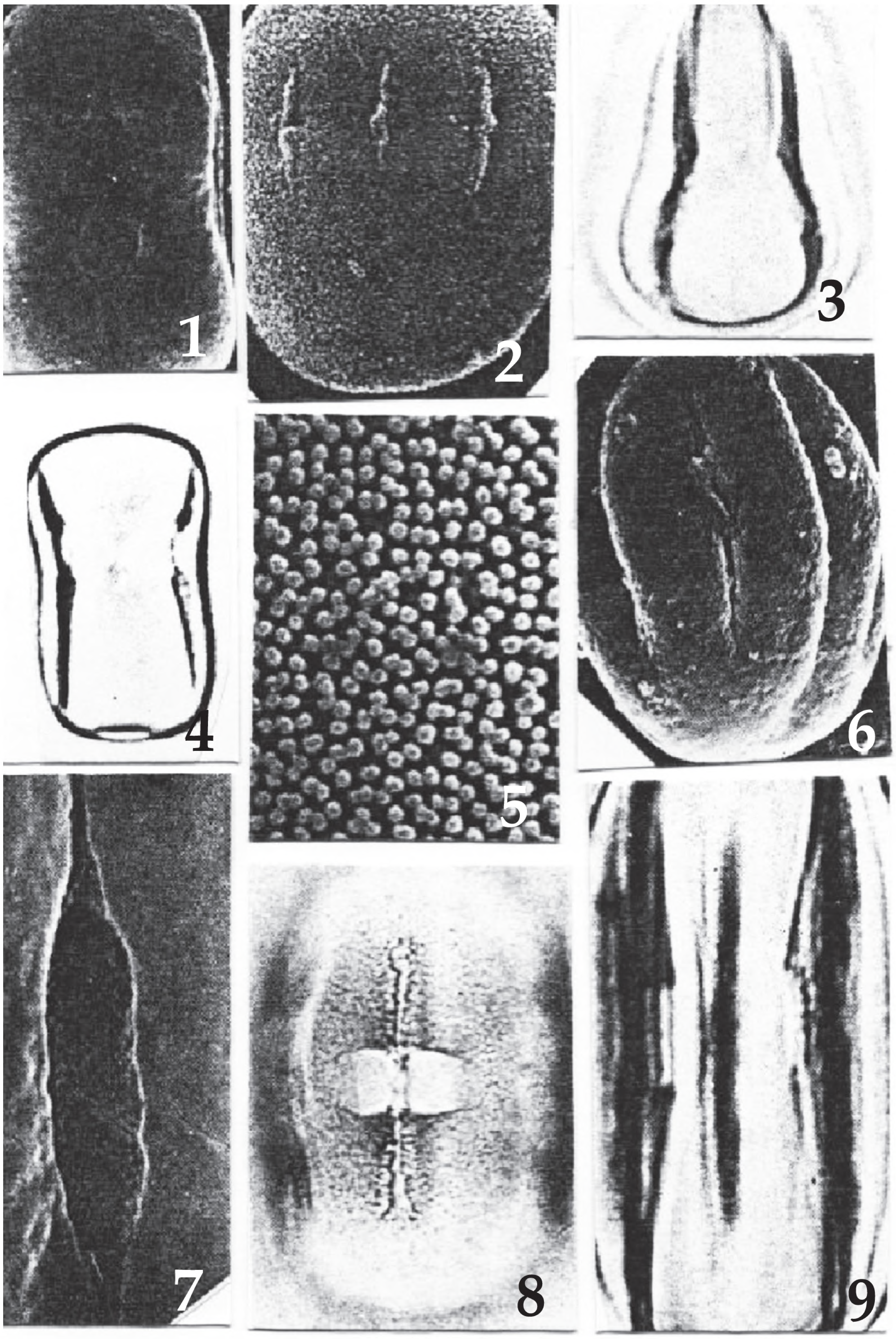


Fig . 3

1. SEM micrograph (1900 X), showing pollen grains of Anchusa itaica Retz., polar view.
2. SEM micrograph (1900 X), showing pollen grains of Anchusa itaica Retz., with ornamentation.
3. LM micrograph (1100 X), showing pollen grains of Anchusa itaica Retz, equatorial view.
4. LM micrograph (1000 X), showing pollen grains of Anchusa aegyptiaca (L.) DC, 3 –Zonocolporate.
5. SEM micrograph (2220 X) , showing pollen grains of Hyoscyamus reticulatus L., endoaperture colpi.
6. SEM micrograph (2500 X), showing pollen grains of Anchusa aegyptiaca (L.) DC, 3-Zonocolporate with colpi ends.
7. SEM micrograph (1250 X), showing pollen grains of Anchusa itaica Retz., equatorial view.
8. LM micrograph (1030X), showing pollen grains of Anchusa aegyptiaca (L.) DC., equatorial view.
9. LM micrograph (1100X), showing pollen grains of polar view

Table 1. List of plant species examined with relative to their pollen class, measurements of polar (P) and equatorial (E) views in µm, and P/E ratio.

No.	Species	Pollen class	P (µm)	E (µm)	P/E
1	*Onosma aleppica* Boiss	3 - Zonocolporate	37 - 43	26 - 34	1.41 – 1.39
2	*Onosma cinerea* Schreber	4 – Zonocolporate	42 - 45	28 - 34	1.49 – 1.33
3	*Onosma frutescens* Lam.	3 – Zonocolporate	41 – 44	28 - 33	1.45 – 1.28

Table 2. List of plant species examined relative to their outline views, ectoaperture and endoaperture structures

No.	Species	Outline			Ectoaperture			Endoaperture		
		E view	P view	P/E view	colpi	fastigiu	margin	colpi	costae	margin
1	*Onosma aleppica* Boiss	rectangu lar-elliptic	triangular	Erect	s	-	ind	s	+	ind.
2	*Onosma cinerea* Schreber	elliptic	triangular	Erect	l	+	ind.	s-l	-	ind
3	*Onosma frutescens* Lam.	elliptic	triangular	Erect	s	+	d.	s	+	d.

P : polar **E : equatorial**

+ : present **- : abscent**

ind : indistinct **d : distinct**

s : short **l : long**

Arnaldoa 21 (2): 359 - 366, 2014 ISSN: 1815-8242

Conservation of Plant Diversity in Azraq, North eastern of Jordan

Conservación de la Diversidad de Plantas en Azraq, en el Nor este de Jordania

S. Al-Qura'n
Mu'tah University, Department of Biology Faculty of Science, Karak, Jordan

Abstract

Azraq region comprises the oasis, surrounding mudflat of Azraq wetland and the marginal zones of hammada and saharo-arabian deserts was investigated in terms of plant biodiversity conservations. Three types of plant vegetation were recognized to be conserved: hammada, sand dunes and halophytic exhibiting different patterns of vegetations. In terms of Azraq oasis and it's surrounding mudflat regions, it faces a tremendous tragedy resulting from water loss through pumping leading to devastating effects on environmental and biodiversity level especially on green cover. In terms of other Azraq area relative to the marginal hammada and sahao-arabian deserts, it faces the overgrazing. Azraq is representing a good example of the negative aspects affecting conservation of plant biodiversity in Jordan. Reviving and rehabilitating of the Azraq wetland ecosystem and its plant biodiversity which is ultimately related with the water quality of the Azraq basin to decrease the saline front to become slowed; thus giving the opportunity of the threatened fresh plant species to regenerate. Preventing or decreasing the transplantation of Azraq region with exotic species especially the tropical ones imported from tropical areas especially from southern american countries will decrease the possibility of the previous local plant species to be regenerated with it's pure formity. Rehabilitating the local human element is the main core to guarantee any fruitful success in this regard. So the local people, especially after a lengthy period of frustration, were empowered and started to participate in the overall socioeconomic development of the area especially in restoration and conservation of plant biodiversity.

Keywords: Conservation, Plant Diversity, Azraq, North eastern, Jordan.

Resumen

La región de Azraq, que comprende el oasis, la cercana marisma de Azraq y las zonas marginales de la hammada (desierto pedregoso) y los desiertos sahariano-árabes, ha sido estudiada en lo referente a la conservación de la diversidad de plantas. Se han reconocido tres tipos de vegetación para su conservación: hammada, dunas de arena y halófitas, las cuales exhiben distintos patrones de vegetación. En lo que respecta al oasis de Azraq y las regiones de marismas circundantes, enfrentan una tremenda tragedia, debido a la pérdida de agua por causa del bombeo, lo que trae efectos devastadores a nivel ambiental y de biodiversidad, especialmente en la cobertura verde. Mientras tanto, las otras áreas de Azraq relacionadas a la hammada marginal y los desiertos sahariano-árabes enfrentan el sobrepastoreo. Azraq representa un claro ejemplo de los factores negativos que afectan la conservación de la diversidad de plantas en Jordania. Restablecer y rehabilitar el ecosistema de humedales de Azraq y su diversidad de plantas, está íntimamente vinculado con la calidad del agua de la cuenca de Azraq y la disminución del frente salino; lo cual, brinda la oportunidad de que las especies de plantas amenazadas se regeneren. Prevenir y reducir el trasplante de especies exóticas en la región de Azraq, especialmente aquellas importadas de regiones tropicales, sobre todo de países sudamericanos, contribuirá a que las especies de plantas locales se regeneren a su estado original. Rehabilitar el elemento humano local es clave para garantizar cualquier éxito en este tema. En ese sentido, la población local, luego de atravesar un largo periodo de frustración, ha sido empoderada y ha empezado a participar en el desarrollo socioeconómico general del área, especialmente en la restauración y conservación de la diversidad de plantas.

Palabras clave: Conservación, Diversidad de Plantas, Azraq, Nor este, Jordania.

Introduction

The unique geo botanical position of Jordan gives this country an extraordinary importance, so it is estimated to have about 152 plant families of seed vascular plants (phanerogams), 700 genera and some of 2500 plant species, plus several hundred species of vascular cryptogams. This richness is due to the country's position as the meeting point of at least four different phyto-geographical regions: the Mediterranean, the Irano-Turanian, the Sahara-Arabian and the Sudanian regions which include several taxa that have agro-ecological value and are considered to be of great regional and global importance. This topographical diversity of Jordan, which creates varied ecological conditions within a limited area, also contributes to this wealth of diversity especially at the level of plant species (Al-Quran, 2005; 2009; Al-Eisawi, 1982; Karim & Al-Quran, 1986-1988; Zohary & Feinbrun-Dothan, 1962-1988).

Jordan in general exhibited the climate of desert or semi-desert with an arid climate, with few large natural wetlands, the best known being Azraq oasis in the north eastern desert of Jordan territories. This large desert oasis formerly comprised a complex of spring-fed marshes and pools adjacent to a large seasonally flooded mudflats, this mudflat receives its water from surface run-off, so it is not affected by the exploitation of groundwater, and continues to flood during periods of heavy winter rains (Al-Eisawi, 2004; 2012; Al-Eisawi *et al.*, 1998; Friedman *et al.*, 1986).

It is clearly that Azraq oasis located in the heart of the jordanian badia is considered as an example of the potential for success of continuous environmental rehabilitation efforts. The national and international support, the availability of adequate financial resources, proper management of available supplies of water, and over all, the willingness to act to preserve the natural environment are the major factors determining this success. But sadly despite this significant success, the area was almost destroyed by environmentally damaging activities. Most of the Azraq Oasis had dried out, and its soil quality had drastically deteriorated (Al-Genidi, 1992; Lemons *et al.*, 2003; Zohary, 1973).

Although Azraq wetland reserve (12 Km²) has offered for aquatic and rare species in Jordan of 133 vascular plant species belonging to 100 genera and 33 families. Seven species were recorded as new to the flora of Jordan. In addition many species found during the field investigations comprised belonging to phytoplanktons. Aquatic plants in the region also exhibit high diversity, with a recent project study revealing the presence of 12 species new to Azraq. According to the flora survey conducted by the Azraq Project, terrestrial plant communities comprise a total of 133 species of vascular plants, and unique to the Azraq Wetland Reserve (Al-Eisawi, 2012; Andrews, 1991; Conder, 1982; Al-Quran, 2005; 2009).

So Azraq is, in general is considered as a major wetland in Jordan and a water surplus area. But sadly its wetlands have fallen victim to the water needs in the water-scarce country of Jordan especially the ever-increasing demands for water in the country, and particularly in the rapidly growing city of Amman, resulted in large-scale pumping from the Azraq Basin. This level of exploitation is clearly highlighting the major cause of the environmental degradation that the area has been suffering.

The comprehensive floral diversity of Azraq wetlands has not as yet been

thoroughly surveyed although the key species of such wetland plant vegetation are well known, including *Nerium oleander*, *Phragmites communis* and *Juncus maritimus* and, In addition, the extensive spring-fed marshes contained a variety of habitats including dense stands encouraging the vegetation of *Typha angustifolia, Phragmites communis Scirpus* sp., *Cyperus* sp., *Arundo donax*, *Juncus maritimus* and *Carex* sp.

It is very clear that Azraq wetland region including the surrounding areas of marshes, ditches, mudflats, sandy deserts and marginal hammada area are exhibiting three types of vegetations:

1) **Hammada type** of vegetation mostly contained in the saharo-arabian region in Jordan and covers the majority of the total area. Three patterns of hammada type can be identified:

a) **Sandy hammada**: the leading speciesfor this hammada pattern are *Atriplex halimus*, *Noaca mucronata, Saline arabica, Anabasisi articulate Hammada salicorina, Zilla spinosa, Bassia muricata* and *Salsola verniculenta*. These are found in lower regions of valleys within the desert.

b) **Marshes and small water reservoirs:** this type of vegetation is confined mainly to the places of water accumulation. An example of its vegetation are: *Iris sisyrichium, Tamarix* spp, *Achillea fragrantissima, Atriplex halimus* and *Artemisia herba-alba.*

c) **Pebble and gravel hammada:** This pattern of hammada is mostly covered by annuals such as: *Ononis serrata, Asteriscus pygmaeus Anthemis deserti, Astragalus annulari, Medicago polymorpha, Filago desertorum* and *Lycium shawii*, which extends over the north eastern part of the Jordanian desert.

2) **Sand dunes vegetation**: this type can be classified into the following categories:

a) **Tropical and subtropical vegetation**: the leading species are *Balanitis aegyptica, Marea* spp, *Acacia tortilis, Salvadorea persiea, Calotropis procera,* and *Acacia radiana*. the rainfall in this region is very low ranges from 100-150 mm annually. The natural rain is not sufficient enough for cultivation; so it is very good to be supported as a natural zone of a grazing land.

b) **Sudanian vegetation:** confined to the rocky parts. The leading species are *Acacia radiana, Ziziphus spin-christis, Panicum turgidaem, Capparis spinosa, Anabasis syriaca, Acacia tortilis, Haloxylun persicum, Pennisetum dichotomum*, and *Laphochloa pumila.*

3) **Halophytic vegetation**: classified into two main types:

c) **Saline (halophytic) vegetation:** This occurs in the suurounding deserts of Azraq (saharo-arabian). The leading species are *Tamarix nilotica, Beta vulgaris, Plantago* spp., *Arthecnemum strobilicum, Stipa* spp., *Lycium shawi, Aeluropus littoralis Anabasis* spp., *Atriplex halimus*, and *Halopeplis* spp.

d) **Water (halophytic) vegetation:** The leading species here are *Phragmites communis, Typha* spp., *Juncus, Phoenix dactylifera*. These types occur mostly next to streams and water reservoirs of water Azraq reserve.

In fact that participation in international and regional agreements would create a sound strategy for conserving biodiversity, and would promote the implementation of legislation by all treaties, as well as information exchange and facilitate the drawing up of agreements. Consequently; this will direct academic research towards neglected indigenous plant species which will, in turn, promote the sustainable

utilization of and facilitated access to plant genetic resources. In addition, adoption of the international treaties and conventions will create an environment such that will ensure equitable benefit sharing and intellectual property rights (IPR) for indigenous people on their plant species and knowledge (Al-Eisawi,1996; Cooper, 2002; Heywood, 1995; Al-Genidi, 1992).

This would provide research incentives; establish specialized research centers; and strengthen cooperation among national institutions as well as with their regional and international counterparts. Moreover, the strategy contains specific activities related to biodiversity. In order to empower and strengthen agricultural the latter in the field of biodiversity, three policy instruments were identified: capacity building and training; incentives and motivation; and public awareness (Gopal, 2003; Groombridge, 1992; Heirich, 2000; 2002).

Also, many other factors such as motivation, information, financial instruments, awareness and training are the main policy instruments that could be used to promote biodiversity through the domestication of international agreements. However, the private sector is a key player in biodiversity conservation and sustainable utilization activities. Private sector participation should include all activities such as sustainable use of genetic resources, awareness, training, establishment of natural reserves, implementation of projects, and participation in integrating the biodiversity concept in school curricula. At the national level, a local network for exchange of information on biodiversity is already in existence. This network plays a major role in *in situ* and *ex situ* conservation and in the sustainable use of neglected plant species (Hemsley & George, 1966; Jones & Clarke, 1990; Karim & Al-Quran, 1988; Ormond, 1978; Qasem, 1976).

Azraq reserves are playing a major role in conservation and use of genetic resources is taken into consideration when setting policies. The outcome of such studies showed that wild plants are utilized by local communities and not be regenerated due to the devestating of the natural ecosystems existed. The using of improved technologies in water harvesting and consumption techniques and the multiplication of wild proper plant species at the association level, will therefore increase the productivity of local varieties (Al-Eisawi, 1995; Al-Quran, 2009; Dakhgan & Bandak, 1970b; Dutton *et al.*,2008).

The effective impacts resulted from Azraq oasis deterioration on plant biodiversity

2. Increasing the loss of many rare and endemic plants species.

3. Increase the degree of soil salinity.

4. Increasing the desertification and soil erosion.

5. Increasing the destruction of the natural primary natural vegetation.

6. Decreasing the restoration of ecosystem natural association.

7. Increasing the number of unpalatable species in the ecosystem.

8. Increasing the production of allergenic pollen grains that have negative affects and cause health problem.

9. Increasing the disappearance of a certain wild species adapted to such specific conditions found in Azraq region.

Proposed solutions to decrease the threatening to the plant biodiversity

10. Reduction of water pumping to be balanced by natural recharge to restore the balance to the ecosystem.

11. Restriction of unregulated water pumping for agriculture use.

12. Preventing water over pumping by supplying all well with all measure necessary.

13. Implying of necessary measures restoring the natural ecosystems.

14. Involvement of government is essential to guarantee the success of all measures taken.

15. Preventing all activities of overgrazing.

16. Encouraging the establishment of protected areas.

17. Preventing the collection of certain plants as peat for fuel sources

Towards achieving plant conservation goals

18. Reviving and rehabilitating of the Azraq wetland ecosystem and its biodiversity.

19. Enhancing the water quality of the Azraq Basin to decrease the saline front to become slowed; thus giving the opportunity of the threatened fresh plant species to regenerate.

20. Preventing or decreasing the transplantation of Azraq region with exotic species especially the tropical ones imported from tropical areas especially from southern american countries, because this process will decrease the possibility of the previous local plant species to be regenerated

21. Rehabilitating the local human element is the most important thing to guarantee any fruitful success in this regard. So the local people, especially after a lengthy period of frustration, were empowered and started to participate in the overall aspects of socioeconomic development of the area especially in restoration and conservation of plant biodiversity.

Population pressures and water shortages are a continuous threat; So the rehabilitating of Azraq oasis, preventing the overgrazing and establishing a trend of socioeconomic flourishing in the area are not sufficient, because the roots of the problems that caused the abuse of nature in Azraq are still exist. Thus it is not only important to manage the available water resources wisely, it is also important to address the issues of the problem from the roots which is the population increase to conserve all natural resources especially the plant biodiversity.

Conclusions and recommendations

22. Human element involvement and raising of public awareness and empowerment of local populations in environmental management is one of the most important factors to achieve the success, and to preserve achievements and make them enduring.

23. The national and international support in the aspects of administrative, financial and scientific terms is valuable in achieving remarkable results. The initiation of projects using international money can trigger some changes, it is vitally important also to keep the momentum of these efforts through the support of national organizations and local people.

24. Issues of environmental rehabilitation including plant biodiversity are inseparable from water/population dynamics and other socioeconomic issues, particularly in Azraq region.

25. Azraq oasis is representing a good examples of the negative aspects affecting conservation of plant biodiversity in Jordan. Although the population explosion is the main cause of most of human pollution problem, but also Azraq oasis is demonstrated that degradation of green cover is automatically linked with increasing of many environmental devistating problems coupled with increase in vehicles exhaust and gas emission.

26. Population demand pressures for water can lead to severe abuse of the available environmental resources, even to the point of irreversibility.

27. In-depth knowledge of natural ecosystems is considered very important for their sustainable management. Finally, in appropriate words knowledge and ideas are leading to proper action and managements.

Literature cited

Al-Eisawi, D. 2012. Conservation of Natural ecosystems in Jordan, *Pak. J. Bot.,* 44: 95-99.

Al-Eisawi, D. M. 2004. Water scarcity in relation to food security and sustainable use of biodiversity in Jordan. International FORUM on Food Security under Water Scarcity in the Middle East: Problems and Solutions COMO (Italy) November, 24-27 2004.

AL-Eisawi, D. M. 1982. List of Jordan Vascular Plants. Mitt. Bot. München, 18: 79-182.

AL-Eisawi, D. M. 1995. Flora and Vegetation of Azraq Wetland Reserve. Azraq Oasis Conservation Project. RAMSAR and The World Bank, pp. 72.

Al-Eisawi, D. M.; El-Oqlah; S. Oran & J. Lahham. 1998. Plant biodiversity in Jordan. In: Plant Genetic Resources of Jordan. Proceedings of a National Seminar, 2-4 August, 1994. Amman, Jordan. (Ed.): A. A. Jaradat. IPGRI, West Asia and North Africa Regional Office. Aleppo, Syria. pp. 272.

Al-Genidi, M. 1992. Plants of Eastern Arab Countries and their Economical Importance. Dar Al-Ibdaa, Amman, Jordan.

Al-Qura'n, S. 2005. Ethnobotanical Survey of Folk Toxic Plants In Southern Part of Jordan. Toxicon, 46: 119

Al-Quran, S. 2009. Ethnopharmacological survey of wild medicinal plants in Shawbak, Jordan. J. Ethnopharmacol., 123: 45-50.

Andrews, I. J. 1991. Is Azraq still an oasis? Bull. Ornithological Society of the Middle East Nº 27: 13-19.

Conder, P. J. 1982. Azraq Wetland Reserve. Bull. Ornithological Society of the Middle East Nº 8: 4-5.

Dakhgan, A. M. & Bandak, A. 1970b. Status of the Main Wildfowl Resorts in Jordan. *In*: Isakov, Y. A. (ed.), Proc. Int. Regional Meeting on Conservation of Wildfowl Resources, Leningrad 1968: 322-324. Moscow.

Dutton, W. R. & Shahbaz. 2008. Jordan's arid Badia: deepening our understanding. Smith-Gordon. Cambridgeshire, Great Britain, pp. 449.

Gopal, B. 2003. Aquatic Biodiversity in Arid and Semi-Arid Zones of Asia and Water Management. *In*: Conserving Biodiversity in Arid Regions, Best Practices in Developing Nations. (Eds.): J. Lemons, R. Victor & D. Schaffer. Kluwer Academic Publishers. Boston, Dordrecht, London, pp. 199-215.

Friedman, J.; Z. Yaniv; A. Dafni & Palevitch. 1986. A preliminary classification of the healing potential of medicinal plants, based on a rational analysis of an

ethnopharmacological field survey among Bedouins in the Negev desert, Israel. Journal of Ethnopharmacology 16: 275-278.

Groombridge, B. (eds.) 1992. Global biodiversity, status of the earth's living resources. Chapman & Hill. London, Glasgow, New York, Tokyo, Melbourne, Madras. 585.

Heinrich, M. 2000. Plant resources of south-East Asia, no12 (1). Medicinal and poisonous plants 1. Phytochemistry 53: 619-620.

Heinrich, M. 2002. Plant resources of south-east Asia 12 (2): Medicinal and poisonous plants. Journal of Ethnopharmacology 81: 139-140.

Hemsley, J. H. & M. George. 1966. Azraq Desert National Park–Draft Management Plan. International Biological Programme. The Nature ConservancyCouncil, London, U. K.

Jones, T. A. & J. E. Clarke. 1990. Azraq Oasis, Jordan. Ramsar Convention. Monitoring Procedure Report N° 16. Ramsar Convention Bureau, Gland, Switzerland.

Karim, F. & S. Al-Qura'n. 1986. Medicinal plants of Jordan.Yarmouk University Press, pags 11-30, Irbid, Jordan.

Karim, F. & S. Al-Quran. 1988. Wild Flowers of Jordan. Yannouk University Publications, Jordan.

Lemons, J.; R. Victor & D. Schaffer. 2003. Conserving biodiversity in arid regions, best practices in developing nations. Kluwer Academic Publishers. Boston, Dordrecht, London, pp. 493.

Zohary, M. & N. Feinbrun-Dothan. 1962-1686. Flora Palaestina, Hebron University Press, Jerusalem, pp 77-90.

Zohary, M. 1973. Geobotanical foundations of the middle east. Gustav. Fisher Verlag Stuttgart, pp 30-55.

Arnaldoa 21 (2): 367 - 380, 2014 ISSN: 1815-8242

Influencia de la concentración de Zinc del agua de mar sobre su bioacumulación en *Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh) Kützing (Rhodophyta, Gigartinaceae) Puerto Malabrigo, Ascope, La Libertad. Perú

Influence of Zinc concentration of seawater on its bioaccumulation in *Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh) Kützing (Rhodophyta, Gigartinaceae) Puerto Malabrigo, Ascope, La Libertad. Peru

Marlene René Rodríguez Espejo
Facultad de Ciencias Biológicas
Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú
malenrre@hotmail.com

Resumen

En el presente trabajo se determinó la influencia de los niveles de concentración de zinc del agua de mar sobre su bioacumulación en *Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh) Kützing "cochayuyo" (Rhodophyta, Gigartinaceae), Puerto Malabrigo, Distrito Rázuri, Provincia Ascope, Dpto. La Libertad.Perú (074°, 42′ W, 79° 27′ S), entre los meses de agosto del 2006 a mayo del 2007. Lugar impactado por fuentes antrópicas, residuos líquidos de las industrias de harina de pescado, tráfico de embarcaciones industriales y artesanales. Las muestras de agua de mar superficial y de los talos del alga fueron recolectadas aleatoriamente en la zona intermareal. Se analizaron por triplicado para la determinación de zinc, mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica. El análisis estadístico de los datos, fue realizado mediante la media, desviación estándar, análisis de varianza (ANAVA), prueba de medias (Duncan), análisis de correlación y regresión lineal. Los resultados indican que la concentración de zinc presente en el agua de mar, tiene una influencia lineal significativa sobre la bioacumulación de dicho elemento en los talos de *Ch. chamissoi*, el nivel promedio de concentración de zinc en el agua de mar fue de 0.093 mg/L, sobrepasando moderadamente los límites permisibles según la Ley General de Aguas Nº 17752 y el nivel promedio de bioacumulación de zinc en *Ch. chamissoi* fue de (19,952 ug/g), valores que se encuentran dentro de los límites permisibles para la alimentación.

Palabras clave: Bioacumulación, Zinc, agua de mar, *Chondracanthus chamissoi.*

Abstract

In this paper the influence of zinc concentration levels of seawater on its bioaccumulation in *Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh) Kützing "seaweed" (Rhodophyta, Gigartinaceae), Puerto Malabrigo, Razuri District, Province Ascope was determined Dept. La Libertad. Peru (074 ° 42′ W, 79° 27′ S), between the months of August 2006 to May 2007. Place impacted by anthropogenic sources, runoff from fishmeal industries, boat traffic industrial and craft. Samples of surface seawater and algal thalli were collected randomly in the intertidal zone. Were analyzed in triplicate for determination of zinc, by the method of atomic absorption spectrophotometry. Statistical analysis of data was performed using the mean, standard deviation, analysis of variance (ANOVA), mean test (Duncan), correlation analysis and linear regression. The results indicate that the concentration of zinc present in seawater, a significant linear influence on the bioaccumulation of said element in thalli *Ch. chamissoi*, the average concentration level of zinc in the sea water was 0093 mg / L , moderately exceeding the permissible limits according to the General Water Law No. 17752 and the average bioaccumulation of zinc level in *Ch . chamissoi* was (19,952 ug / g) values are within allowable limits for food.

Keywords: Bioaccumulation, Zinc, seawater, *Chondracanthus chamissoi.*

Introducción

La contaminación de las aguas provocada por las descargas industriales, alcantarillados y agroquímicos, es uno de los problemas ambientales graves en Latinoamérica, puesto que los desechos son vertidos directamente hacia los ríos, lagos, estuarios, sectores costeros y al océano abierto (Actualmente las zonas costeras tienen una fuerte acción antropogénica, lo cual causa el deterioro de sus ecosistemas (Bryan, 1976). Los contaminantes que ingresan al mar son muy diversos y el 80 % son de origen terrestre; muchas de las veces con efectos negativos al ecosistema marino costero, ocasionando impactos socioeconómicos adversos. Entre los contaminantes químicos se encuentran, los metales pesados, los productos químicos sintéticos, los hidrocarburos de petróleo,

los elementos radiactivos y los desechos sólidos generando las formas más críticas de contaminación (Aquino, 1988; Marshall, 1991).

Los elementos pesados, se encuentran en cantidades traza, disueltos en el agua de mar a concentraciones menores de 1mg/kg por lo que, son fácilmente incrementados por contaminación antropogénica. Han recibido especial atención debido a sus efectos tóxicos duraderos, ya que en su mayoría no son biodegradables y permanecen en el medio por largos periodos (Carranza, 2001; Capo, 2002). Se denomina metales pesados a los elementos químicos que poseen un peso atómico comprendido entre 63,55 (Cu) y 200,59 (Hg) y que presentan un peso específico superior a 4 (g/cm) (Rivera, 2001; Codina & Pérez, 2003).

Los metales pesados son constituyentes naturales del agua de mar, y por lo menos, 11 de ellos (Zinc (Zn), Fierro (Fe), Cobre (Cu), Cobalto (Co), Manganeso (Mn), Cromo (Cr), Molibdeno (Mo), Vanadio (Va), Selenio (Se) Níquel (Ni), Estaño (Sn), son conocidos como esenciales para la vida de los organismos, dado que participan en procesos enzimáticos (Albert,1997; Codina & Pérez 2003; García & Dorronsoro, 2004).

El zinc (Zn) considerado un micronutriente muy importante que participa en el crecimiento de las algas y es requerido por los sistemas biológicos como componente estructural y catalítico de proteínas y enzimas; así como, cofactor esencial para el crecimiento y el desarrollo normal de los organismos. En exceso, este micronutriente y otros metales pesados relacionados como el cadmio, el mercurio y el plomo, pueden ser extremadamente tóxicos para las células, inhibiendo actividades enzimáticas, cuando las condiciones naturales son excedidas. El zinc, ocasiona fitotoxicidad, interfiriendo fuertemente con la división celular, el metabolismo del fósforo, la actividad de enzimas y la regulación hormonal (Bryan, 1976; Reigosa *et al.*, 2004).

Según la OMS, tanto los vegetales como los animales se ven en situaciones de carencia de dicho elemento, causando diversos desórdenes que disminuyen el crecimiento o la viabilidad del organismo. Los humanos no constituimos una excepción, estimándose que más de la mitad de la población mundial padece de deficiencias, de leves a críticas por lo menos de un elemento traza (Duffus, 1983).

Está presente en la corteza terrestre en una concentración media de 70 mg/Kg donde no se suele encontrar de forma libre, sino formando complejos con sulfuros, carbonatos y óxidos. Las fuentes principales del Zn en sistemas acuáticos incluyen los efluentes de las aguas residuales, explotación minera y fundición, así como, de las actividades de la refinación, la combustión de madera, incineración de desechos y otras emisiones atmosféricas (Bocanegra, 1998). En general, el Zn junto con otros elementos son buenos indicadores de actividad humana y pueden llegar al mar por vía de efluentes domésticos, industriales, por las descargas de los ríos o emanaciones a la atmósfera, pero, posteriormente son depositados y acumulados en el sedimento mediante procesos biogeoquímicos (Carranza, 2001).

Las macroalgas al igual que otros organismos, tienden a bioacumular metales disueltos, en cantidades mil veces que las concentraciones de las aguas de mar (Cesar, 2006). La bioacumulación es un proceso dinámico que implica incorporación de los metales mediante mecanismos activos y pasivos, transporte a través del cuerpo

del organismo, sobre la superficie de polisacáridos y membranas de vacuolas ricas en polifenoles, pudiendo llegar al hombre a través de la cadena alimenticia, mediante el proceso de biomagnificación y así causar efectos acumulativos irreversibles. Estos procesos en los organismos expuestos, constituyen un serio riesgo sobre todo para los grandes predadores y por consiguiente, un riesgo potencial para la salud humana (Campos, 1990; Karez *et al*., 1994; Ansari *et al*., 2004).

Algunas algas, han desarrollado mecanismos de defensa contra la toxicidad de metales pesados como formación de complejos extracelulares y detoxificación intracelular (Ratkevicius & Moenne, 2002).

Con respecto a organismos marinos que bioacumulan estos metales, las algas marinas bentónicas constituyen uno de los grupos más utilizados como bioindicadores de contaminación, en los ecosistemas marinos proporcionan información cualitativa de la contaminación que hay en una área de estudio. Los géneros de macroalgas más utilizados en estudios de bioacumulación de metales son *Fucus, Enteromorpha, Ulva, Laminaria, Porphyra, Ascophyllum* y *Gracilaria*, entre otros (Karez *et al*.,1994).

Las algas tienen un papel fundamental en la producción primaria marina, por consiguiente, los metales pesados que causan toxicidad, acumulación y transferencia a través de la cadena alimentaria, sus efectos pueden ser significativamente adversos. Es notable que las algas puedan contribuir, al menos en parte a solucionar este problema, usándolas como indicadores biológicos de contaminación y para la remoción o recuperación de metales pesados de efluentes acuosos, por razones económicas y de protección ambiental, las algas marinas han sido estudiadas desde diferentes aspectos, por la capacidad de absorber elementos químicos de ambientes acuáticos poluídas pudiendo ser utilizadas para la recuperación de esos sistemas mediante fitorremediación (Páez *et al*., 2000).

Estudios realizados en las costas del Pacífico subtropical mexicano, sobre la acumulación de metales en macroalgas, indican que el zinc, magnesio y hierro fueron los elementos más abundantes en 10 especies analizadas entre ellas (*Enteromorpha clathrata, Ulva intestinalis, Enteromorpha linza, E. flexuosa, Ulva lactuca, Codium amplivesiculatum, C. isabelae, Padina durvillaei, Gracilaria subsecundata*). No obstante, los niveles de la mayoría de los metales analizados variaron ampliamente, dependiendo de los sitios de colecta y de las especies en particular (Calva & Torres, 2006).

En nuestro medio, existen pocos antecedentes sobre la bioacumulación de metales en macroalgas, sin embargo se han realizado estudios en peces, caracoles,

Cangrejos y concentraciones de metales en agua de mar (Hurtado, 2003; Jacinto & Aguilar, 2007; Sánchez & Orozco, 2008), así como, estudios en aspectos toxicológicos (Huaranga, 1991; Padilla, 2000; Sánchez & Vera, 2001).

En el litoral peruano, sobresale dentro de las algas rojas la especie *Gigartina* (= *Chondracanthus*) *Chamissoi* (C. Agardh) Kützing, conocida con el nombre de “mococho”, “cochayuyo”, recurso de importancia económica, que se emplea en la alimentación humana y en la industria por poseer en su composición un valioso ficocoloide como es el carragenano de múltiples aplicaciones y de gran demanda en el mercado internacional, se comercializa en cantidades considerables, su demanda es

creciente por su calidad de dicho polisacárido que produce y a su vez, constituye una fuente potencial y considerable de proteínas (42.92%), vitaminas y minerales, que permiten catalogar a esta especie como un alimento de valor nutricional importante. Se distribuye en el litoral peruano desde Ica hasta Piura, se comercializa al estado fresco y seco en la costa central y sur desde Lima hasta Tacna (Fernández, 1969; Acleto, 1986).

A nivel del Departamento de La Libertad encontramos a dicha especie en Puerto Malabrigo, en la orilla rocosa con marcada distribución vertical expuesta al oleaje del mar, muestra rasgos de estar fuertemente impactada por fuentes antrópicas, residuos líquidos de las industrias de harina de pescado tráfico de embarcaciones industriales, artesanales, un emisor cerca de muelle y con un efluente el río Chicama, trayendo consigo un incremento de la contaminación y el deterioro de la calidad higiénico sanitaria de las aguas (Bocanegra, 1998; Carbajal *et al*., 2003).

Por tanto, para utilizar con fines económicos y alimenticios a *Ch. chamissoi* proveniente de dicha zona, es necesario evaluarla desde varios aspectos y uno de ellos tiene por finalidad la presente investigación:

Determinar la influencia de las concentraciones de zinc presente en el agua de mar sobre su bioacumulación en los talos del alga *Ch. chamissoi*, del Puerto Malabrigo, Distrito Rázuri, Provincia Ascope, Dpto La Libertad desde Agosto 2006 a Mayo 2007.

Material y métodos

Material de estudio.

El material biológico estuvo constituido por talos de la macroalga *Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh) Kützing 1843 "cochayuyo", "mococho" Rhodophyta, Gigartinaceae procedente del Puerto Malabrigo, Distrito de Rázuri, Provincia de Ascope, Departamento La Libertad, Perú, ubicado en las coordenadas geográficas (074°, 42′ W, 79° 27′ S). La especie fue determinada en el Herbarium Truxillense (HUT) de la Universidad Nacional de Trujillo, registrada con el numero N° 50879 (Fig. 1).

Fig. 1. *Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh) Kützing, "cochayuyo"

Métodos y técnicas.

Metodología aplicada al trabajo de campo:

Recolección de muestra. Siguiendo la técnica descrita por Alveal *et al.* (1995). Las muestras de *Ch chamissoi* fueron colectadas en forma directa cada mes en el periodo de agosto del 2006 a mayo del 2007, en la zona intermareal del Puerto Malabrigo a una distancia de 100 m del muelle. Haciendo uso de una espátula, se extrajo 500 gr de individuos adultos en forma aleatoria. Para eliminar residuos de arena se lavó en agua de mar y para trasladarlas se las acondicionó en un balde plástico de 5 litros de capacidad.

Asimismo, se tomaron muestras de agua superficial en frascos estériles de 650 mL de capacidad, debidamente rotulados y sellados con cinta adhesiva y se trasladaron al laboratorio junto con las muestras de algas donde se los refrigeró hasta sus respectivos análisis.

Metodología y técnicas analíticas.

Metodología analítica: Tratamiento químico de la muestras (Agosto 2006 –Mayo 2007). Según la metodología reportada por Alveal *et al*. (1995), Karez *et al.* (1994) y CONAMA *et al.* (1996), las muestras recolectadas fueron lavadas con agua destilada para retirar organismos epífitos y otros elementos asociados, como sedimentos depositados en la superficie de los talos.

El material se secó en una estufa a 80ºC, por 48 horas. En un mortero de porcelana se procedió a triturar la muestra, en seguida de homogenizarla, se tomó 2,0 g por triplicado y se colocó en tubos de ensayo. Se le agregó 10 ml de ácido nítrico (HNO3) concentrado para su solubilización, luego se somete a una temperatura constante de 110 ºC hasta su evaporación.

Las muestras digestadas fueron diluidas en 25 ml de ácido nítrico al 1% y filtradas, para separar cualquier residuo o precipitado remanente. Asimismo, junto con las muestras de agua previamente tratadas con ácido nítrico al 65%, se realizaron los análisis de las concentraciones de zinc por triplicado y fueron determinados mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica, usando el equipo Espectrofotómetro de Absorción Atómica con horno de grafito marca Perkin Elmer, modelo HGA–800 (Laboratorio de la Facultad de Química de la Universidad Nacional de Trujillo y el Laboratorio de Toxicología del Hospital Victor Lazarte Echegaray Trujillo-La Libertad).

Los resultados fueron analizados tomando en cuenta los límites máximos permisibles propuestos por la FAO Nauen (1983), para organismos marinos y la Ley General de Aguas D. L. 17752 (El Peruano, 1969) y los Estándares de calidad Ambiental para agua DS. 002/2008 (El Peruano, 2008).

Metodología estadística.

Los resultados se trataron estadísticamente mediante el programa informático SPAWS–18.0 para Windows, determinándose el promedio y desviación estándar de la concentración de zinc presente en el agua y en los talos de *Ch. chamissoi*. Asimismo, se realizó un análisis de varianza y la prueba (medias) Duncan con el fin de determinar diferencias significativas en los valores promedios de zinc a lo largo del periodo muestral y un análisis de correlación y regresión, para determinar la relación e influencia de los niveles de zinc presentes en agua de mar con los niveles de zinc presentes en el alga.

Resultados

Según los resultados obtenidos en la Tabla 1 se puede apreciar que el nivel promedio de concentración de zinc a lo largo del periodo de muestreo (agosto 2006–mayo 2007), en la muestra de agua de mar fue de 0,093 mg/L, con un valor mínimo de 0,052 mg/L y un máximo de 0,128 mg/L, con una desviación estándar total de (± 0,26) con respecto al promedio global de concentración de zinc en el agua (0,093 mg/L) y el nivel promedio de bioacumulación de zinc obtenido en los talos de *Ch. chamissoi* fué de 19,952 ug/g con valores mínimos de 7,010 ug/g, máximos de 32, 200 ug/g y una desviación estándar total de (±9,508), con relación al promedio global de dicho elemento (19,952 ug/g).

Según las pruebas estadísticas de Análisis de Varianza y Duncan (Tabla 2 y 3; Fig 3 y 4), los niveles promedios de zinc tanto en el agua, como en los talos del alga *Ch. chamissoi* a lo largo del periodo muestral indican diferencias significativas ($p < 0.05$). Entre los meses de agosto a octubre se obtuvieron los valores más bajos de zinc en agua (0,52 mg/L - 0,067mg/L), los mas altos en el mes de marzo (0,128 mg/L) y en *Ch. chamissoi* también se determinaron los menores valores de concentración de zinc durante los meses de agosto a octubre del 2006 (7,010 ug/g - 8,372 ug/g) y en los meses de enero a marzo del 2007 los máximo niveles (28,00 ug/g - 32,200 ug/g).

Tabla 4, los resultados indican que existe una correlación positiva significativa de la concentración de zinc en el agua con la bioacumulación del zinc en el alga (r = 0,934). Asimismo, en las Tablas 5 y 6, se puede apreciar que el zinc presente en el agua de mar tiene una influencia lineal significativa sobre su bioacumulación en *Ch. chamissoi* (R^2 = 87,2), ($p<0.05$) (Fig. 5).

Tabla 1. Niveles promedios de la concentración de zinc en agua de mar (mg/L) y de la bioacumulación de zinc (ug/g) en base a peso seco en *Ch. chamissoi*. Puerto Malabrigo. La Libertad. Perú. Agosto 2006-Mayo 2007.

Mes	Prueba estadística	[Zn] Agua (mg/L)	[Zn] *Ch. chamissoi* (ug/g)
Agosto	Media	0.052	7.010
	D.S.	± 0.001	± 0.000
Setiembre	Media	0.055	8.372
	D.S.	± 0.001	± 0.001
Octubre	Media	0.067	7.733
	D.S.	± 0.002	± 0.115
Noviembre	Media	0.098	19.033
	D.S.	± 0.001	± 0.058
Diciembre	Media	0.095	14.700
	D.S.	± 0.001	± 0.173
Enero	Media	0.118	28.033
	D.S.	± 0.001	± 0.023
Febrero	Media	0.126	29.767
	D.S.	± 0.001	± 0.153
Marzo	Media	0.128	32.200
	D.S.	± 0.002	± 0.000
Abril	Media	0.102	27.167
	D.S.	± 0.001	± 0.058
Mayo	Media	0.093	25.500
	D.S.	± 0.002	± 0.000
Total	Media	0.093	19.952
	D.S.	± 0.026	± 9.508
	Valor Mínimo	0.052	7.010
	Valor Máximo	0.128	32.200

DS = Desviación estándar

Tabla 2. Análisis de varianza de los niveles de concentración de zinc en agua de mar (mg/L) y de *Ch. chamissoi* (ug/g)/peso seco. Puerto Malabrigo. La Libertad. Agosto 2006-Mayo 2007. ($p < 0.05$)

Muestra	Fuente	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	p
[Zn] Agua (mg/L)	Periodo	0.020	9	0.002	1770.865	0.000 *
	Error	0.000	20	0.000		
	Total	0.020	29			
[Zn] *Ch. chamissoi* (ug/g)	Periodo	2621.411	9	291.268	39431.393	0.000 *
	Error	0.148	20	0.007		
	Total	2621.559	29			

DS = Desviación estándar

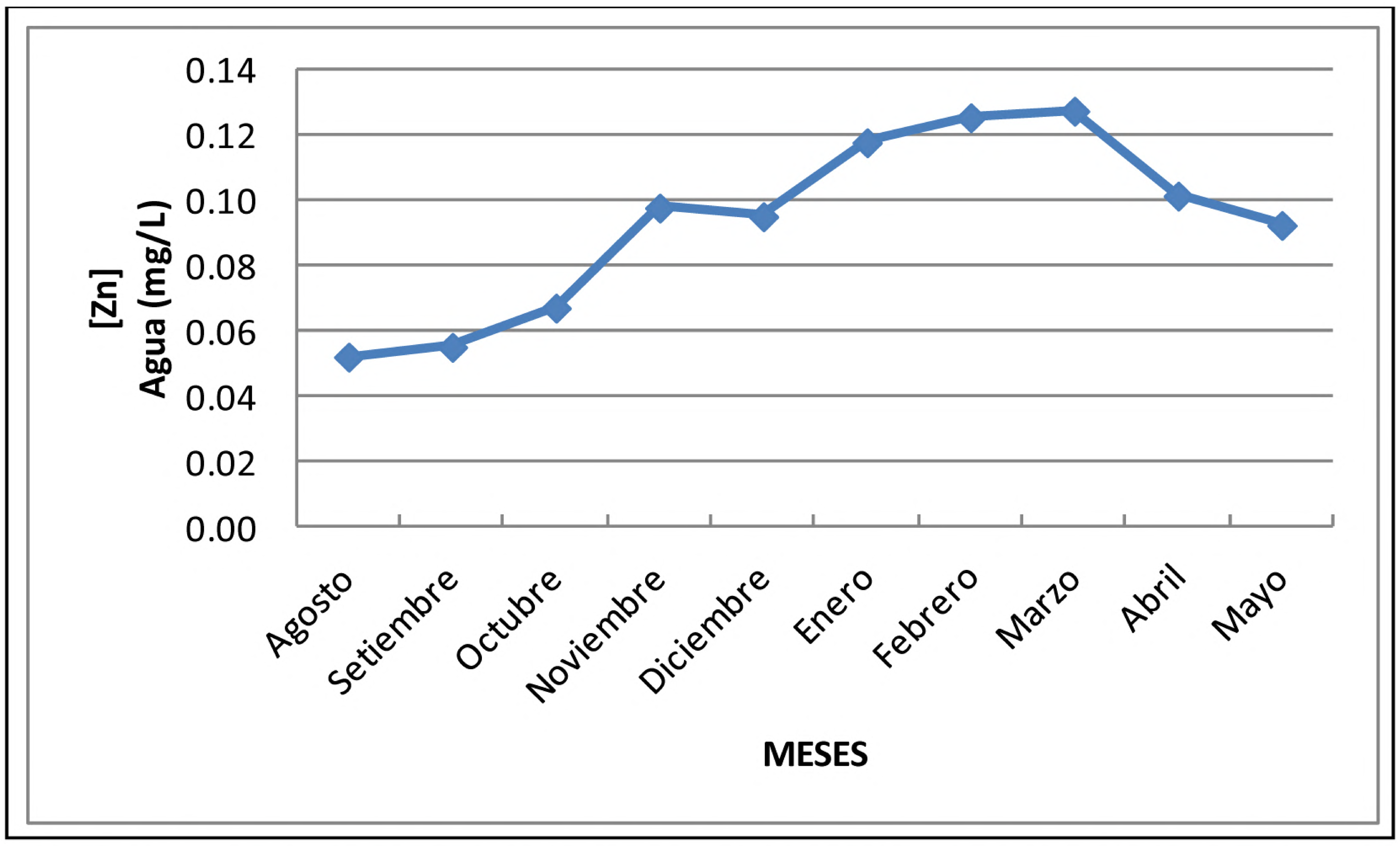


Fig. 2. Niveles promedios de la concentración de zinc (mg/L) en agua de mar a lo largo del periodo muestral, Puerto Malabrigo, La Libertad, Agosto 2006-Mayo 2007.

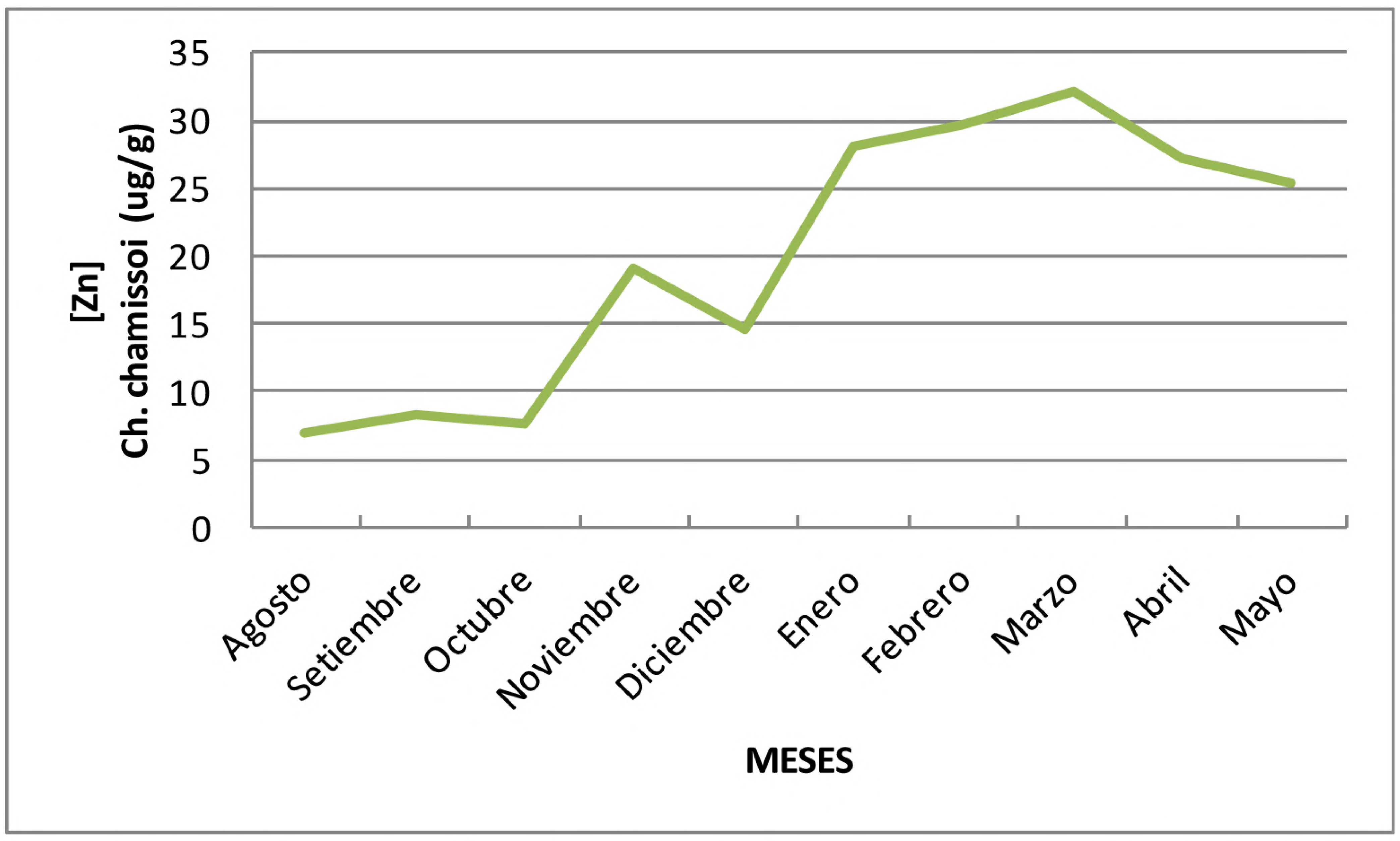


Fig. 3. Niveles promedios de bioacumulación de zinc (ug/gr) en base a peso seco en *Ch, chamissoi* a lo largo del periodo muestral. Puerto Malabrigo, La Libertad, Perú, Agosto 2006-Mayo 2007.

Tabla 3. Comparación de los niveles promedios de concentración zinc, mediante la prueba DUNCAN. ($p < 0.05$), presentes en agua de mar y *Ch. chamissoi* a lo largo del periodo muestral, Puerto Malabrigo, Acope La Libertad, Agosto 2006–Mayo 2007.

Muestras	Meses	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
[Zn] Agua (mg/L)	Agosto	0.052									
	Setiembre		0.055								
	Octubre			0.067							
	Mayo				0.093						
	Diciembre					0.095					
	Noviembre						0.098				
	Abril							0.102			
	Enero								0.118		
	Febrero									0.126	
	Marzo										0.128
	(p < 0.05) *	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
[Zn] *Ch. chamissoi* (ug/g)	Agosto	7.010									
	Octubre		7.733								
	Setiembre			8.372							
	Diciembre				14.700						
	Noviembre					19.033					
	Mayo						25.500				
	Abril							27.167			
	Enero								28.033		
	Febrero									29.767	
	Marzo										32.200
	(p < 0.05) *	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

*Diferencia significativas

Tabla 4. Correlación de los niveles medios de concentración de zinc presente en el agua de mar con los bioacumulados en *Ch. chamissoi.* Malabrigo. Ascope. La Libertad. Agosto 2006–Mayo 2007 ($p < 0.05$).

Muestras	**[Zn] Agua (mg/g)**	**[Zn]** *Ch. chamissoi* **(ug/g)**
[Zn] Agua (mg/L)		0,934*
[Zn] *Ch.* *chamissoi***(ug/g)**	0,000	

*Diferencias significativas

Tabla 5. Análisis de Varianza (ANAVA) para la Regresión sobre la influencia de la concentración de zinc presente en el agua de mar sobre su bioacumulación en *Ch. chamissoi*. Malabrigo. Ascope. La Libertad. Agosto 2006–Mayo 2007. ($p < 0.05$).

Variable independiente	Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	P	R^2
[Zn] Agua	Regresión	2,288,357	1	2,288,357	192,298	0,000	87,2*
	Residual	333,202	28	11,900			
	Total	2,621,559	29				

*Diferencias significativas

Tabla 6. Análisis de regresión de los niveles medios de concentración de zinc presente en el agua de mar y su bioacumulación en *Ch. chamissoi*. Malabrigo, Ascope. La Libertad. Agosto 2006–Mayo 2007. ($p < 0.05$)

Variables	Coeficientes	Error Estándar	T	P
Constante	-11,475	2,352	-4,878	0,000 *
[Zn] Agua (mg/L)	336,468	24,264	13,867	0,000*

*Diferencias significativas.

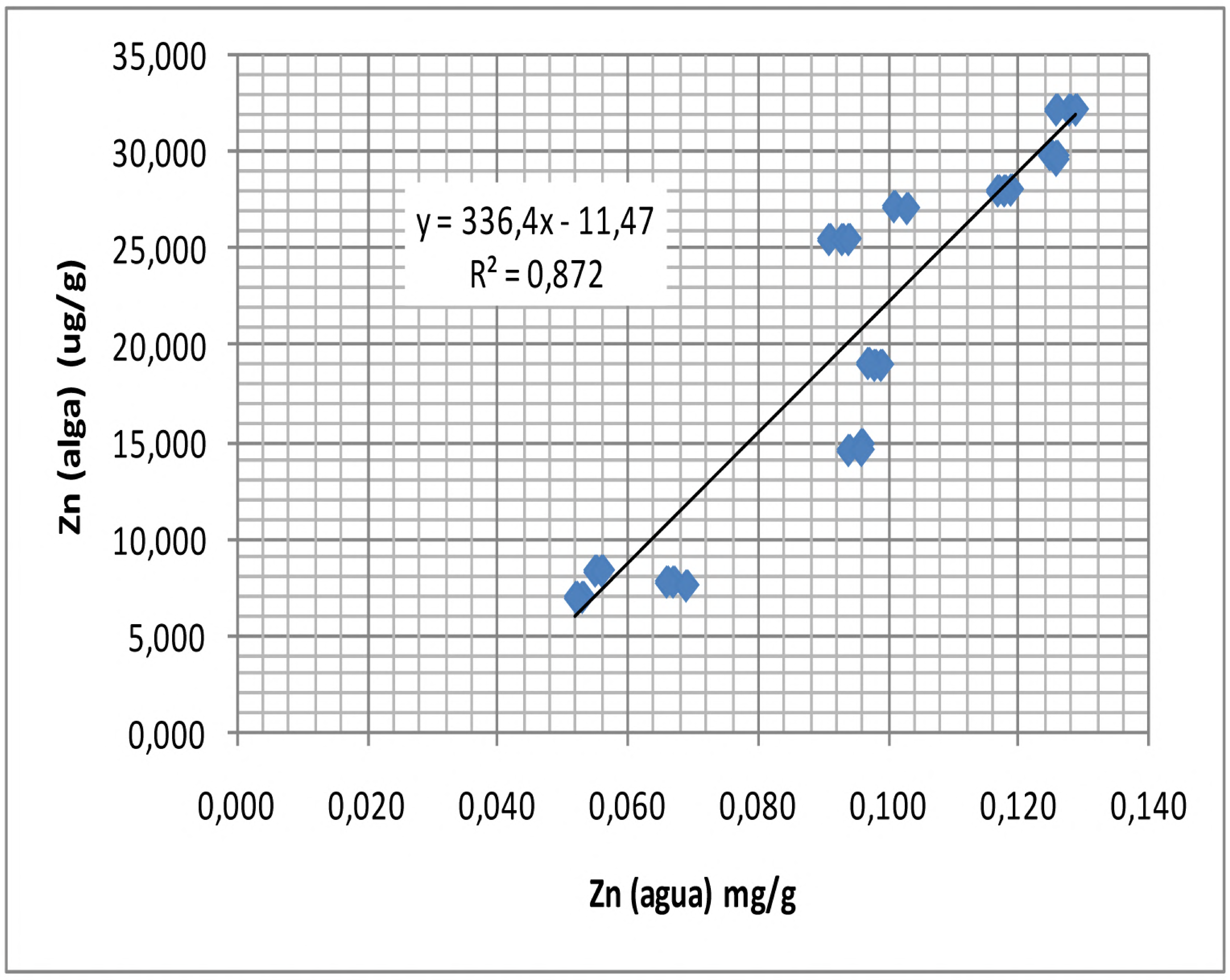


Fig. 5 Influencia de la concentración de zinc (mg/L) presente en agua mar sobre su bioacumulación en *Ch. chamissoi* (ug/g) / peso seco. Malabrigo, Ascope. La Libertad. Agosto 2006 – Mayo 2007. ($p < 0.05$).

Discusión

La concentración promedio de zinc determinado en el agua de mar superficial del Puerto Malabrigo, fue de (0,093 mg/L), valor que al ser comparado con los límites máximos permisibles establecidos por la Ley General de Aguas Nº 17752 para la zona de pesca de mariscos y bivalvos (Clase V) (0.02 mg/L) (El Peruano, 1969) y el decreto supremo 002 - MINAM sobre los Estándares de Calidad Ambiental para agua (0,081mg/L). En la subcategoría 2 para extracción y cultivo de otras especies hidrobiologías de agua de mar (El Peruano, 2008) sobrepasa moderadamente los limites máximos permisibles, lo cual nos indicaría que el área evaluada presenta una contaminación en potencia o mínima por este bioelemento.

Las concentraciones de zinc, promedio en *Ch. chamissoi* fue de 19,952 (ug/g), a lo largo del periodo muestral observándose que a través del tiempo tiende a bioacumular este elemento a nivel de sus tejidos, teniendo en cuenta que esta especie se encuentra dentro del grupo de las

algas Rhodophytas; según Alveal (1995) y Rezende *et al.* (1997), se caracterizan por que tienden a tener mayores concentraciones de metales pesados en comparación con las algas verdes, Chlorophytas. Asimismo, muchos autores han estudiado que tienen la capacidad de acumular los metales que se encuentran en su entorno, por presentar polisacáridos con grupos sulfatos, y fosfatos ligados a la pared celular, conocido con el nombre de carragen representando el 70% de dicha estructura (Acleto & Zúñiga, 1998; Mamboya, 2006; Cesar, 2006).

Las macroalgas ligan únicamente los iones metálicos libres, mediante dos procesos fisico-químicos. El primer proceso es rápido y reversible e involucra la adsorción del ión metálico sobre la superficie externa de la pared celular. Este proceso puede ser iónico ó por formación de complejos con los ligandos de la pared celular. Los polímeros que componen la pared celular son ricos en grupos carboxílicos, fosforílicos, hidroxilos y aromáticos que pueden ligar cationes o producir complejos orgánicos e influir en la absorción de metales. El segundo mecanismo de incorporación de metales es más lento, esta regulado por el metabolismo celular y los metales se almacenan en el citoplasma en vacuolas ricas en polifenoles (Vodopivez *et al.*, 2002; Reigoza *et al.*, 2004).

Los resultados obtenidos de (19,952 ug/g) en *Ch. chamissoi,* al compararlos con valores de zinc encontrados en algas rodophytas y clorophytas, que están próximos a áreas descritas como naturales o levemente impactadas por metales pesados, *Gracilaria lemaneiformis* (34,87 ug/g, *Gymnogongrus sp* (38 ug/), *Asparagopsis sp* (46 ug/g)), *Acanthophora spicifera* (103 ug/g), son más elevados a los encontrados en el presente estudio; a diferencia de los valores encontrados en *Ulva fasciata* (8,7ug/g) que son menores (Carvalho *et al.*, 1993; Karez *et al.*, 1994; Rezende *et al.*, 1997). Sin embargo, estos niveles fueron inferiores a los niveles encontrados en algas marinas que habitan lugares con un alto impacto antropogénico (1000-2000 ug/gr de zinc) (Rodríguez, *et al.*, 2006).

Por otra parte, las variaciones morfológicas entre diferentes especies de algas pueden favorecer la contaminación por metales a partir de material particulado en suspensión, lo cual puede atribuirse a *Ch. chamissoi,* ya que presenta talo foliáceo con ramificaciones dicotómicas pinnadas, permitiéndole aumentar su superficie de absorción (Fernández, 1969; Acleto & Zuñiga, 1998; Paéz *et al.*, 2000).

Los niveles de zinc en *Ch. chamissoi* se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles establecidos por la FAO, para productos marinos, valores que oscilan de 40 ug/g - 100 ug/g (Nauen, 1983; Jacinto & Aguilar, 2007).

La variación de las concentraciones de zinc tanto en el alga como en el agua a lo largo del periodo muestral (agosto a mayo) varió significativamente ($p < 0.05$). Las concentraciones menores de zinc en *Ch. chamissoi* durante los meses de agosto a octubre, puede indicar reducción en la biodisponibiliadad en la fracción disuelta durante estos meses, lo cual se puede corroborar con los resultados obtenidos a nivel de agua (Tabla 1), Dicha reducción se debería a que en estos meses disminuye los vertidos de las fábricas de harina de pescado, efluentes domésticos, entre otros. Por otra parte, las mayores concentraciones observadas en los meses de enero a marzo, se debería al periodo de mayor pluviosidad en la serranía la cual ocasiona el aumento del caudal del río Chicama, contribuyendo a incrementar la biodisponibilidad de este elemento en el medio acuático y sedimentos

(Sánchez & Vera, 2001). Tiene influencia las variaciones del débito fluvial según las estaciones y fluctuaciones climatológicas (Bryan *et al.*, 1976).

Asimismo, existen otros factores que justifican las variaciones temporales en la bioacumulación de metales trazas como factores ambientales (variación en la concentración de los metales en solución, interacción entre metales, salinidad, pH), factores metabólicos (dilución en la concentración de los metales debido al crecimiento la edad del tejido) o interacción entre ambos tipos de factores (Malea & Haritonides, 1999; Díaz *et al.*, 2001; Villares *et al.*, 2002; Ansari, 2004).

Los niveles de concentración de zinc del agua de mar según los análisis estadísticos muestran una relación directa entre las dos variables y una influencia lineal muy significativa (r = 0,93), (R^2 = 87,2) con los valores de zinc bioacumulados en los tejidos de *Ch. chamissoi,* indicando un grado de asociación y una influencia entre las dos variables bastante alta, dependiendo una variable de otra, indicando que si se incrementa el contenido de zinc en el medio acuático, también se incrementa en el alga. Mamboya (2006), explica que los niveles de metales acumulados en los tejidos de las algas se correlacionan muy bien, con las concentraciones de exposición y mientras más largo es el tiempo de exposición mayor es la absorción. Malea & Haritonides (1999) demostraron en el alga roja *Gracilaria verrucosa*, que la concentración de algunos metales dentro ellos zinc, guardan relación positiva con la concentración del agua de mar. La proporción de metales que un organismo puede acumular desde las diferentes rutas de exposición, es probablemente variable dependiendo del tipo de organismo y el grado de contaminación de dichas fuentes o rutas (Marshall, 1991). Por otra parte, las algas pueden alcanzar contenidos de elementos trazas de varios órdenes de magnitud más elevados respecto a las aguas circundantes (Bryan, 1976; Vodopivez *et al.*, 2002, Cesar, 2006).

Conclusiones

En el presente trabajo se llegó a las siguientes conclusiones:

• La concentración de zinc presente en el agua de mar tiene una influencia lineal significativa sobre la bioacumulación de dicho elemento en los talos del alga *Ch. chamissoi* (C. Agardh) Kützing. Puerto Malabrigo. Ascope. La Libertad. Agosto 2006–Mayo 2007.

• El nivel promedio de concentración de zinc en el agua de mar fue de 0,093 mg/L, sobrepasando moderadamente los límites permisibles según La Ley General de Aguas Nº 17752.

• El nivel promedio de bioacumulación de zinc en *Ch. chamissoi* (C. Agardh) Kützing fué de (19,952 ug/g), valores que se encuentran dentro de los límites permisibles para la alimentación.

Literatura citada

Acleto, C. 1986. Algas Marinas del Perú de Importancia Económica. Museo de Historia Natural . "Javier Prado", Serie de Divulgación N°5: 107.

Acleto, C & R. Zúñiga. 1998. Introducción a las algas. Editorial Escuela Nueva S. A. Lima–Perú.

Albert, L. 1997. Toxicología Ambiental. Segunda edición Editorial. Limusa S. A. México.

Alveal, K.; M. Ferrario & E. Oliveira. 1995. Manual de Métodos Ficológicos. Universidad de Concepción. Chile.

Ansari, T.; L. Marr & N. Tariq. 2004. Heavy metals in marine pollution perspective-a mini Review. Journal of Applied Sciences.4 (1): 1-20.

Aquino, R. 1988. Métodos para análisis de agua, suelos, residuos sólidos. Consejo Nacional de Ciencia

tecnología. Instituto de desarrollo y medio Ambiente. Edición Impresiones gráficas. Lima. Perú.

Bocanegra, C. 1998. Contaminación del Litoral Marino. Editado por Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú.

Bryan, W. 1976. Some aspectos of heavy metals tolerance in aquatic organisms: effects of pollutans on aquatic organisms.Cambridge Unibersyty Press, 193.

Calva, L. & R. Torres. 2007. Macroalgas y pasto marino, útiles bioindicadores de contaminación por hidrocarburos fósiles en sistemas acuáticos. Disponible.

http://www.izt.uam.mx/contactos/n68ne/algas.pdf. 10 de setiembre 2010

Campos, N. 1990. La contaminación por metales pesados en la Ciénaga Grande de Santa María. Caribe. Colombiano. Caldasia 16: 231-244

Capo, M. 2002. Principios de Ecotoxicología. Macgrow - Hill-Interamericana. Madrid–España.

Carvalho, C.; V. Lacerda & D. Gomes. 1993. Metales pesados en la biota de la Bahia de Sepetiba y Angra de Reis. Acta Limnológica Brasil. 6: 222–229.

Carranza, R. 2001. Medio Ambiente Problemas y Soluciones. Editorial Vicerrectorado de Investigación - Universidad Nacional del Callao. Lima. Perú.

Carbajal, W.; J. Castro & G. Flores. 2003. Calidad ambiental marino en el Puerto Malabrigo (Libertad), Marzo y Junio. IMARPE.

Codina, J. & A. Pérez. 2003. Los metales pesados como polucionantes tóxicos. Universidad de Málaga. España. Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). 1996. Metodologías para la Caracterización del agua. Editorial Partners. Comunicaciones Corporativas Chile

César, C. 2006. Uso das macroalgas vermelhas como espécies bioindicadoras da poluicao por metáis pesados. Dissertacao apresentada para obtencao do titulo de Mestre en Bioquímica pela Universidade Federal de Pernambuco. Brasil.

Diaz, O.; F. Encina; L. Chuecas; J. Becerra & F. Muñoz. 2001. Influencia de variables estacionales, espaciales, biológicas y ambientales en la bioacumulación de mercurio total y metil mercurio en *Tagelus dombeii*. Revista de Biología Marina y Oceanografía: 36 (10): 15-29.

Duffus, J. 1983. Toxicología Ambiental. Editorial. Omega S. A. Barcelona. España

El Peruano, 1969. Ley General de aguas del Perú. D. L. 17752. 24 de julio.

El Peruano, 2008. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECAS). Decreto supremo N° 002-MINAM. 31 de Julio/08.

Fernández, A. 1969. Algas Marinas de la Provincia de Trujillo. Revista. Facultad. De Ciencias. Biológicas. 3: 1-40

García, I. & C. Dorronsoro. 2004. Contaminación por metales pesados (Tema 15). Disponible en http// badarsle.com/the-uniform-slut-zone1.html. 5 de octubre 2010.

Huaranga, F. 1991. Efectos letales del cobre, zinc y hierro en *Poecilla reticulata* Peter 1859 (guppy). Trabajo de promoción docente. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú

Hurtado, G. 2003. Evaluación de la Contaminación Ambiental por metales pesados y sustancias orgánicas en playas del Distrito de Salaverry. Tesis de Maestría. Escuela de Postgrado Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú.

Jacinto, M. & S. Aguilar. 2007 Concentraciones traza de metales en especies marinas de la Bahia de Huarmey. Ansach. Perú. Revista Peruana de Biología. 14 (2): 307-311.

Karez, C.; S. Filho & G. Pfeiffer. 1994. Concentración de metales en algas marinas bentónicas de tres regiones del estado de Rió de Janeiro. Anales. Academia Brasilera. Ciencias. 66: 205-221.

Mamboya, F. 2006. Heavy metal contamination and toxicity.Studies of Macroalgae from the Tanzanian Coast. Stockholm University :

http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:su:diva-6818. 24 Julio 2010

Malea, P. & S. Haritonides. 1999. Seasond acumulation of metals by red algae *Gracilaria verrucosa* (Huds) Papens from hermamaidokos, Gulf, Greece. Journal to Applied Phycology. 11 (6): 503-509.

Marshall, S.1991. Biología de las algas, enfoque fisiológico. Editorial Limusa. México.

Nauen, C. 1983. Compilation of legal limits for hazardous substances in shellfi sh fish and fi shery products. FAO Fish.Circ.764: 102p

Páez, F.; M. Ochoa; H. Bojorquez & L. Michel. 2000. Macroalgae as Biomonitors of Heavy Metal Availability in coastal Lagoons from the Subtropical Pacific of Mexico. Bulle-tin Environmental Contamination & Toxicology 64(6): 846-851.

Padilla, E. 2000. Bioensayos de Sinergia letal de los metales pesados cobre, zinc, plomo, y hierro sobre *Mujil cephalus* a diferentes concentraciones y tiempo de exposición. Trabajo de Habilitación para ascenso de categoría. Universidad Nacional de Trujillo. Perú.

Perez, M. 2003. Respuesta al cadmio de la microalga marina *Tetraselmis suecica* (Kylin) Butch: relación entre tolerancia y compuestos tiólicos. Aplicación de su biomasa viva para la retirada de cadmio del medio. Facultad de Ciencias Departamento de Biología Celular y Molecular. Universidad de La Coruña. España.

Ratkevicius, N. & A. Moenne. 2002. Detección de enzimas, compuestos antioxidantes en la macroalga verde *Enteromorpha compressa* colectada en sitios contaminados por metales pesados del norte de chile. Www.redbio.org/portal/encuentros/enc.../posterredbio2ki.pdf. 28 de agosto 2010.

Reigosa, M.; N. Pedrol & A. Sanchez. 2004. Ecofisiología Vegetal. Una Ciencia de Síntesis. Edit. International Thompson Editores. Paraninfo S. A. España: 413-442

Rezende, C.; R. Zalmon & V. Gomea. 1997. Metales pesados en macroalgas marinas de la costa norte del Estado de Rio de Janeiro. Anales. VII Congreso Latinoamericano. Ciencias del mar. 340-342.

Rivera, H. 2001. Introducción a la geoquímica general y aplicada. Lima- Perú, 279.

Rodríguez, A.; I. Sanchez & E. Shumulin. 2006. Element concentrations in some species of seaweeds from La Paz Bay and La Paz Lagoon, south-western Baja California, Mexico. Journal of Applied Phycology. 18: 399–408.

Sánchez, G. & G. Vera. 2001. Manual Introductorio de Ecotoxicología Acuática. Instituto del Mar del Perú. Editora Científica. Lima–Perú.

Sánchez, G & R. Orozco. 2008. Estado del Ambiente marino costero peruano según fuentes de contaminación. Disponible: sisbib.unmsm.edu.pe/BVMedioAmbiente/.../GUADALUPE%20SANCHEZ/imarpe.doc. 5 de setiembre 2010.

Villares, R.; X. Puente & A. Carballeira. 2002. Seasonal variation and background levels of heavy metals in two green seaweeds. Env. Poll. 119: 79−90

Vodopivez, C.; S. Farias & P. Smichowski. 2002. Niveles de metales pesados en seis especies de algas marinas de la Península Antártica. Instituto Antártico Argentino. Buenos Aires. Argentina.

Arnaldoa 21 (2): 381 - 390, 2014 ISSN: 1815-8242

Cyanobacterial species, potentially forming water-blooms in the Lake Titicaca (Peru)

Especies cianobacteriales, formadoras potenciales de floraciones en el lago Titicaca (Perú)

Haydée Montoya
Laboratorio de Simbiosis Vegetal, Museo de Historia Natural, UNMSM,
Av. Arenales 1256, Apartado 14-0434, Lima 14, Perú
haydmon@yahoo.com
Jarka Komárková & Jiří Komárek
Institute of Botany, Academy of Sciences of the Czech Republic,
Dukelská 135, Cz-37982 Třeboň, Czech Republic
jiri.komarek@ibot.cas.cz; jarkakom@hbu.cas.cz

Abstract

The Puno Bay on the large and known Lake Titicaca at the South Peruvian Andes of the South American was distinctly eutrophized in first years of the 21st century, owing to the influence from increasing and continual human settlement on the shore and touristic activities. The consequence of the eutrophication is the occurrence of the high production of cyanobacterial, macroscopic "water-blooms" in the bay. The commonly distributed and toxin producing species *Microcystis aeruginosa* is already fully developed, and the other potential water-blooms, forming by the species *Limnoraphis robusta* and *Nodularia inca* occur in littoral communities. The last from these species seems to be special and characteristic only for the Lake Titicaca. The suppression of the negative cyanobacterial developments in the lake is possible only after restriction of the input of vastest into the lake, and by the discreet regulation of human activities.

Keywords: cyanobacteria, water-blooms, lake Titicaca, Peru

Resumen

La Bahía de Puno del gran Lago Titicaca en los Andes Peruanos del Sur en Sudamérica fue notoriamente eutrofizado en los primeros años de la 21va centuria a causa de la influencia de los incrementos continuos de establecimientos humanos en las orillas y las actividades turísticas. La consecuencia de la eutroficación es la presencia de una alta producción cianobacterial macroscópica de floraciones en la bahía. La especie *Microcystis aeruginosa* que es de distribución común y productora de toxinas está muy desarrollada y otras especies potenciales de floraciones esta dado por las especies *Limnoraphis robusta* y *Nodularia inca* que ocurren en las comunidades litorales. La última de las especies parece ser especial y característica solo para el lago Titicaca. La supresión del desarrollo de negativo cianobacterial en el lago es posible solo después de las restricciones en el ingreso de incesantes desechos en el lago y por una regulación de las actividades humanas.

Palabras clave: cyanobacteria, floraciones, lago Titicaca, Perú

Introduction

Cyanobacterial water-blooms are indicators of increasing pollution of freshwater reservoirs (lakes, ponds) all over the world. Several common species participate in heavy water-blooms over many countries, but few special and interesting species appear in separated areas. Because the formation of cyanobacterial populations is connected in reservoirs with several, often negative ecological markers (mass production of biomass, enrichment of water by nitrogen, production of cyanotoxins, depletion of oxygen in water, changes of pH, the study of planktic cyanobacteria belongs to the prominent problems of the modern theoretical as well as applied hydrobiology.

In several large lakes in tropical and subtropical zones of American continents appeared recently several characteristic species and developed water-blooms in such lakes and reservoirs, which had up to now more or less oligotrophic character. Commonly is here spread and distributed the almost cosmopolitan *Microcystis aeruginosa*, however, with increasing eutrophication several other species appear, from which few are newly discovered or little known. To the recently occurring dangerous species belongs, e.g., *Cylindrospermopsis raciborskii*, which was found expanding from tropical up to temperate zones in the second half of 20th century, also over both American continents (in South America, e.g., Cronberg 1978; Bonilla 2009). We describe in this article the present situation in the bay of Puno, Lake Titicaca, Peru, at the end of

the summer period 2013/2014, as concerns the potential cyanobacterial water-blooms, with the possible prognosis for the future.

Methods

The material and plankton samples were collected during March 2014 from the Puno Bay of the Lake Titicaca, Peru (3800 m a.s.l.), by help of the plankton net with the diameter of openings of 10µm, and by the direct collection of samples from the littoral (with dominating macrophyte *Schoenoplectus californicus*). The main hydrobiological parameters of the Lake Titicaca are published, e.g., in Dejoux & Iltis (1991), the water temperature was between 10 and 20°C, and the pH was from 8 to 9.

The planktic community was studied by microscopes Olympus BX 51 and Leitz Dialux 22, and documented by micrometer measurements, drawings and microphotos.

In the community of phytoplankton was dominant *Elakotothrix* sp., *Pediastrum boryanum* and the dinoflagellate *Ceratium hirundinella*. Less biomass was produced by few other species of green coccoid algae.

Results and discussion

About the lake Titicaca were published already numerous informations. The most important belong to the limnologically oriented papers of Richerson *et al.* (1977; 1986) and Dejoux & Iltis (1991). However, these publications are already old and the situation in the lake was recently substantially changed. The increased human population around the lake and the tourism are evidently the certain phenomena, leading to the negative increase of eutrophication of this extremely interesting and valuable lake.

In the Puno bay of the Lake Titicaca were registered recently three planktic cyanobacteria with aerotopes in cells, which can form potentially important water blooms and can be prominent in plankton with increasing eutrophication. Richerson *et al*. (1977) reported the planktic centric diatom *Stephanodiscus astrea* as dominant in dry season, accompanied mainly by "green and blue-green species". This situation resembles the mesotrophic character of the lake. Besides, this character was supported by Carney *et al.* (1987), they established the meso-oligotrophic character for the epilimnetic phytoplankton. However, the newly registered cyanobacterial species (particularly *Microcystis aeruginosa*) are indicators of the worsen situation of the lake. The registered cyanobacterial taxa can cause dangerous changes (change of the ecosystem), connected with increasing input of nutrients, or with non-regulated management of the water lake and reservoirs.

The following planktic cyanobacteria are reported for the Titicaca Lake

Microcystis aeruginosa (Figs. 2 - 4)

M. aeruginosa was not mentioned by previous authors, but it forms already relatively dense water-blooms, agglomerated near the water level in stable periods (without wind) in Puno Bay. The population forms the macroscopically visible, floating, typical colonies. The water-bloom is spread in the whole water column in windy periods of the day (usually in the afternoon), and in this time disappears apparently from the surface. The *Microcystis* population of Titicaca lake corresponds morphologically to other similar populations of this species from western coasts of American continents, and evidently belongs to the cosmopolitan *Microcystis aeruginosa* genome, described by van Gremberghe *et al.* (2011). *M. aeruginosa*

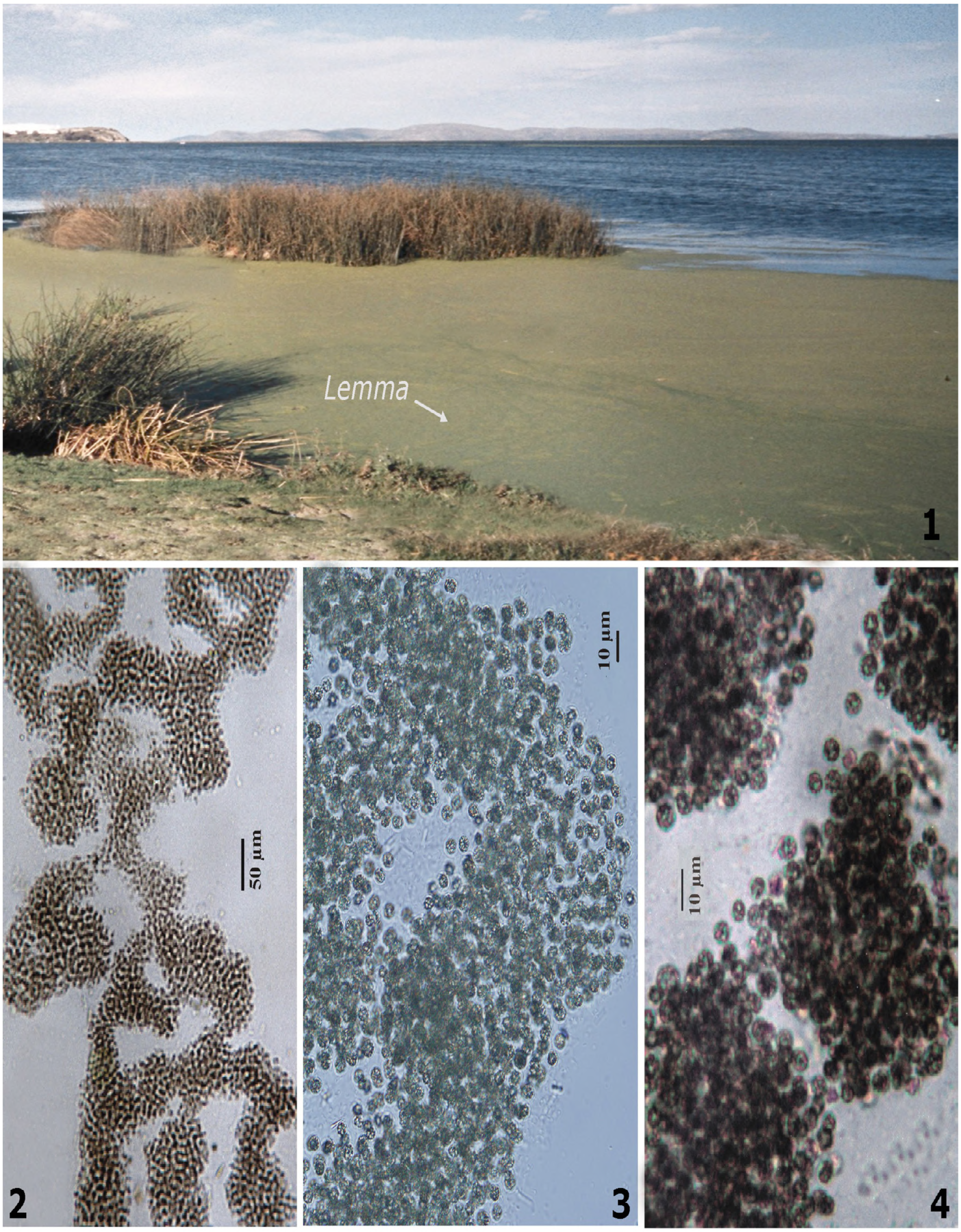


Fig. 1. Development of *Lemna* population in littoral parts of Titicaca Lake (Puno Bay). The population is agglomerated near the shore under influence of wind. The colonies of the water bloom forming cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* are spread in the lake water.

Figs. 2-4. *Microcystis aeruginosa*, population from Puno Bay, Titicaca Lake.

belongs to the most dangerous water-bloom forming cyanobacterial species in respect to its production of toxin compounds and high production of macroscopic biomass, following the drastically increasing eutrophication and eliminating the sensitive members (species) from oligotrophic biocenoses in aquatic ecosystems.

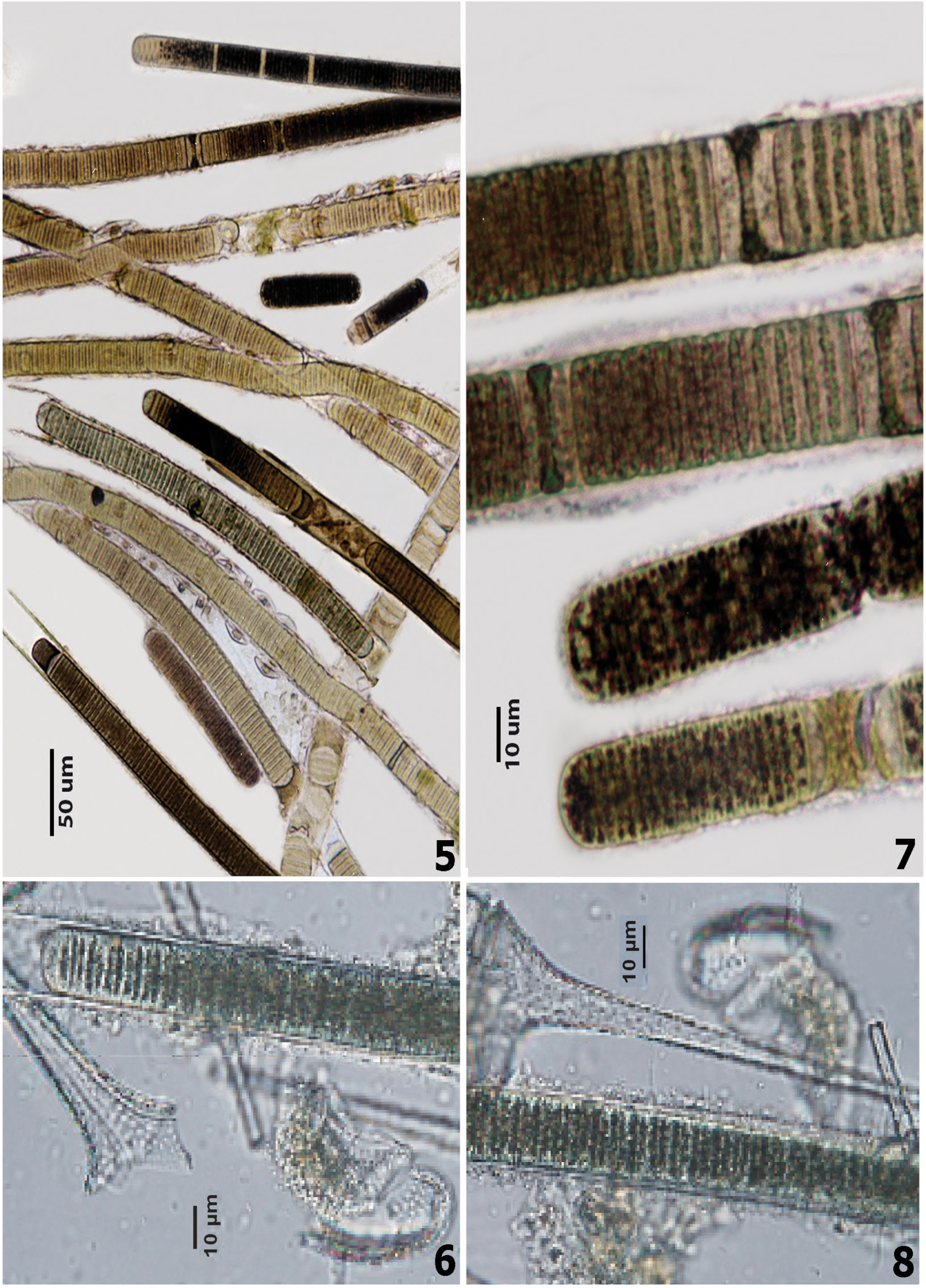
In the Puno bay the *Microcystis* population is already fully developed and combined with another indication of the strong pollutants in the water, *Lemna* sp., covering in several areas the water surface by a continual layer. The prevention of further development of this community (combined vegetation of *Lemna* with *Microcystis*) is possible only by elimination of the pollution of the lake, by total restriction of the input of wastes from the increasing human populations on the shores, regulation of the increasing touristic activity of Puno (waste control), and perhaps also with the mechanic collection and removing of organic material (cyanobacteria, *Lemna*) floating on the water level in some year periods.

Limnoraphis robusta (Figs. 5-8)

L. robusta (syn. *Lyngbya hieronymusii* var. *robusta*) is a tropical, filamentous, relatively large (almost 20 μm wide filaments), planktic, not branched, non-heterocytous cyanobacterial species with gas vesicles in cells. This species started recently (in last ten years) to form periodical and heavy water blooms in water reservoirs on the western parts of a tropical zone of American continents. The relatively small aerotopes are distributed within the cells volume in segments of majority of filaments, and the species contains high amount of various carotenoids, causing the yellow-brown coloration of the massive water-bloom of this species. This cyanobacterium was not known as a water-bloom forming species up to the beginning of the 21st century and occurred only sporadically in tropical unpolluted reservoirs. After 2005 appeared mass production of this species in several large reservoirs, usually as a result of the higher input of phosphorus into the oligotrophic tropical and subtropical lakes. Such water-blooms were described particularly from the large and deep volcanic lake Atitlán in Guatemala (Rejmánková *et al.*, 2011; Komárek *et al.*, 2013) and from the Clear Lake and the Sacramento–San Joaquin Delta of South California (Mioni *et al.*, 2011/2012). In these populations were not detected tox-genes and the cyanotoxicity was not confirmed, but it was proved the intense nitrogen fixation under anaerobic conditions (in night), which causes the increase of suitable conditions for other, possibly toxic cyanobacteria (it is already the case of Atitlán Lake in Guatemala).

In March 2014, *L. robusta* was found as the common additional species in littoral of the floating islands in Titicaca lake with the dominant *Schoenoplectus californicus* "junco" "totora". The presence of *Limnoraphis* represents a risk of its potential biomass developments. In comparison with the known "water-blooms" of this species, the situation in the lake can be positive for its mass development, particularly when the phosphates from wastes will increase in the water. The biomass production of *Limnoraphis* is a negative phenomenon particularly for touristic activities (repugnant appearance of the yellow-brown water-bloom), and for the change of ecological conditions in water, but its regulation and control is easier than the toxic and more dangerous members of the cyanobacteria genera *Aphanizomenon, Dolichospermum* or *Microcystis*.

In previous papers was mentioned from Titicaca lake only "*Lyngbya vacuolifera*" Skuja.



Figs. 5-8. *Limnoraphis robusta*, solitary filaments with distinct segments with aerotopes in cells.

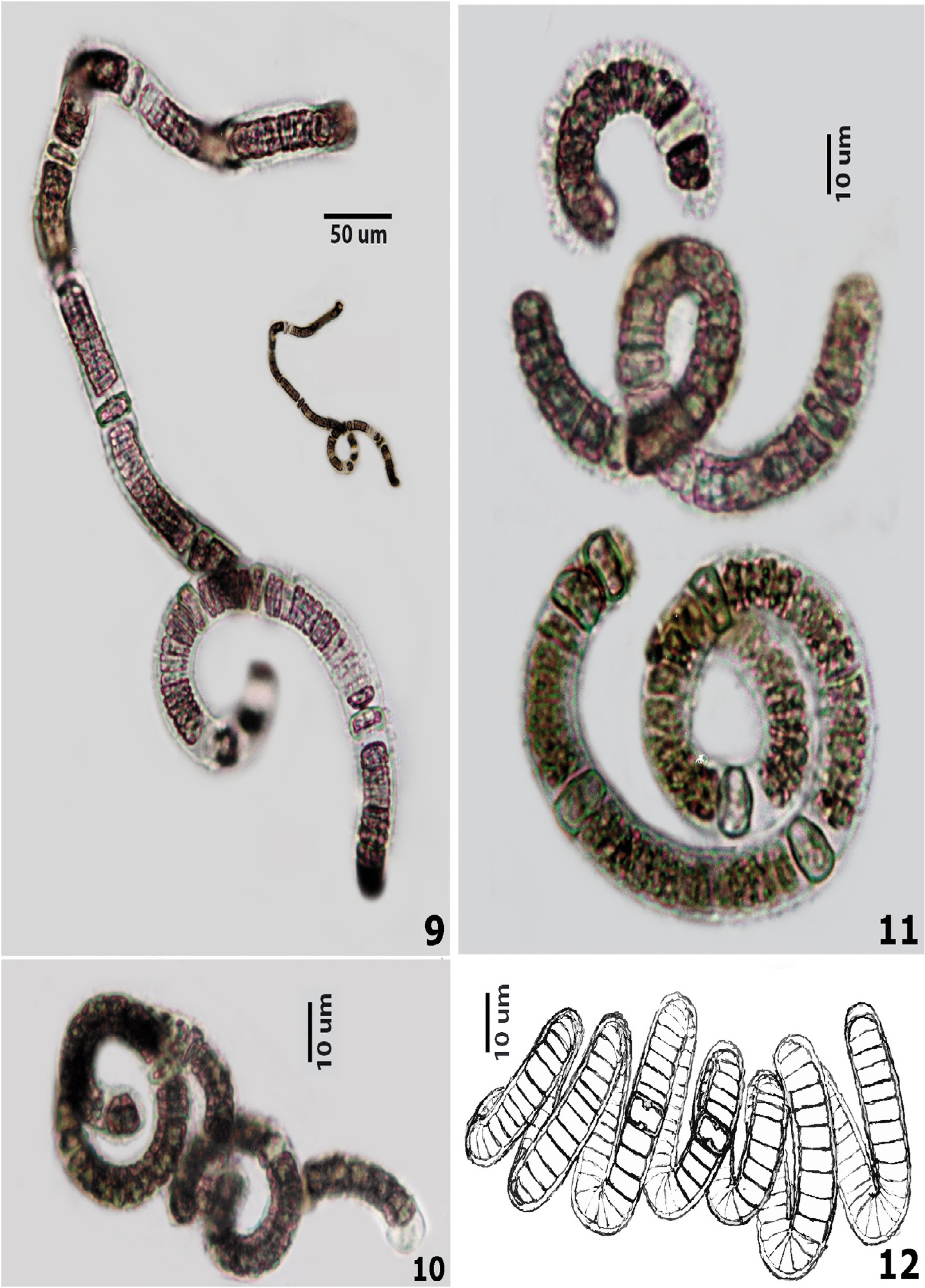
However, it is quite different species (Skuja, 1948), more related to the genus *Limnothrix*. It was described from Scandinavia and occurs only in Nordic regions of temperate zone (northern Europe, Canada) (Komárek & Anagnostidis, 2005). The morphology is quite different from *Limnoraphis robusta*, its occurrence in the Puno Bay of the Lake Titicaca is questionable and should be confirmed. *Limnoraphis robusta* is morphologically more similar to the species *Lyngbya aestuarii*, also cited (but probably wrongly identified) from the Lake Titicaca. This species is typical for marine littoral (benthic) with high salinity, always without gas vesicles and its development in Titicaca Lake is ecologically almost impossible.

Nodularia inca (Figs. 9-12)

In the littoral samples of the floating islands of *Schoenoplectus californicus* was found a special type of planktic or metaphytic cyanobacterium, corresponding morphologically to the heterocytous genus *Nodularia*, at the end of the summer season 2014. This genus comprises several planktic species, known as the intense water-bloom forming types (Komárek, 2013). They contain gas vesicles in cells and up to now occurred mostly in slightly salinic, brackish or volcanic waters. The most known cases are the *Nodularia* water-blooms from Baltic Sea (Hübel & Hübel, 1980; Šmarda *et al.*, 1988; Komárek *et al.*, 1993; Hayes & Barker, 1997), SW Australia (Blackburn & Jones, 1995) and from the Caspian Sea (Proškina-Lavrenko & Makarova, 1968). They were described also from both American continents (Nordin & Stein, 1980, Galat *et al.*, 1990, Alvarez & Bazán, 1994; Tavera & Komárek, 1996; Perez *et al.*, 1999). The *Nodularia* populations from Titicaca Lake have a characteristic morphology (irregularly coiled, solitary trichomes with aerotopes in cells) and does not correspond to any up to now known planktic species. Screw-like coiled trichomes are known only in *Nodularia spumigena* from marine Baltic halophilic populations. The special toxin nodularin was detected in the water-bloom forming species of this genus, but it must be confirmed also in Titicaca populations.

The population from the Lake Titicaca is evidently adapted to the planktic mode of life and can be potentially invasive species under certain conditions. It is evidently the unknown *Nodularia*-taxon yet. Only *Nodularia harveyana* is cited from Titicaca in previous papers (Richerson *et al*., 1977; 1986). This halophilic species is, however, without aerotopes and has different morphology from the present Titicaca populations. Particularly the coiled trichomes are characteristic for Titicaca specimens. Maybe that previous authors misinterpreted this species as *Anabaena spiralis* (Richerson *et al.*, 1977), but the occurrence of this species is also questionable in Titicaca: the screw-like morphology of this taxon is different type, while our material has all characters of the genus *Nodularia*, different from all planktic *Anabaena* or *Dolichospermum* (= planktic "*Anabaena*") species. Also the cited *Anabaena sphaerica* from Titicaca plankton is improbable. This taxon occurs in soils and maybe found in benthos and littoral, but never in plankton and never forming gas vesicles.

The modern taxonomy of cyanobacteria is based mostly on the polyphasic evaluation including the molecular analyses, but we were not yet able to transfer this species into the culture. In spite of it, we describe this taxon as a new species on the basis of special morphology and ecology. It is evidently morphologically and ecologically different from all up to now described *Nodularia*-species and we suppose its definition as necessary in the respect to the ecological



Figs. 9-12. *Nodularia inca*, variability in coiling of solitary filaments. The aerotopes seem to be irregularly distributed in segments of trichomes.

situation in Titicaca Lake. The description of this species is as follows:

Nodularia inca spec. nova – Filaments solitary, irregularly coiled, rarely only flexuous, up to shortly and densely screw-like contorted, 7-8 µm wide. Trichomes cylindrical, slightly constricted at cross walls, enveloped by thin, colourless and often indistinct envelope. Cells always shorter than wide, usually 2.5-3 µm long, with granular content and small, blackish, point-like, aerotope-like inclusions; end cells widely rounded. Heterocytes rectangular with rounded ends, ± hyaline, intercalar and solitary, rarely in terminal position, 3.5-5 x ±8 µm, in terminal position slightly longer. Akinetes not observed, but all morphological characters corresponded to the planktic specimens of the genus *Nodularia*. Reproduction by short hormogonia. Habitat: Planktic and metaphytic in littoral of floating islands in Puno Bay, Titicaca Lake, Peru. - Type: Figs. 10 -12 - Etymology: The species is named to the honor of the original inhabitants of the vicinity of the Lake Titicaca.

Conclusions

- The trophic level of the lake Titicaca (particularly in Puno Bay, Peruvian Andes) changed from the oligotrophic to mesotrophic type in last years.

- The higher trophic level in the Puno Bay caused the temporary massive development of cyanobacterial water-blooms, formed by toxin producing species *Microcystis aeruginosa*, which forms here the characteristic community with the pleustonic *Lemna* sp.

- In the wide littoral (mostly among *Schoenoplectus californicus*) occur the other filamentous cyanobacteria with gas vesicles (and aerotopes) in cells, which can represent potential danger of their intense development in continually eutrophized bay of the lake.

- One of these species, *Limnoraphis robusta*, is known from last 10-15 years as a water-bloom forming and N-fixing cyanobacterial species from large lakes of western tropical and subtropical parts of American continents.

- The second potentially water-bloom forming filamentous species was described as a new taxon from littoral of the lake (*Nodularia inca*), with irregularly screw-like coiled filaments.

Acknowledgement

This study was realized under the support of the bilateral international collaboration between the Academy of Sciences of the Czech Republic and CONCYTEC (Peru) 2013-2014.

Cited literature

Alvarez, S. & G. I. Bazán. 1994. Cianoficeas continentales de la Provincia de La Pampa (Argentina) I. Rev. Fac. Agronomia. UNLPam. 7 (2): 43-62.

Blackburn, S. I. & G. J. Jones. 1995. Toxic *Nodularia spumigena* Mertens blooms in Australian waters: A case study from Orielton lagoon, Tasmania. In: *Lassus* P. *et al.* (eds.), Harmful Marine Algal Blooms, Paris: 121-126.

Bonilla, S. 2009. Cianobacterias Planctónicas del Uruguay: Manual para la identificación y medidas de gestión. Uruguay: Programa Hidrológico Internacional (PHI) de la Oficina Regional de Ciencia para América Latina y el Caribe de la UNESCO y la Facultad de Ciencias de la Universidad de la República. Documento técnico N° 16.

Carney, H. J.; P. J. Richerson & P. Eloranta. 1987. Lake Titicaca (Peru/Bolivia) phytoplankton: Species composition and structural comparison with other tropical and temperate lakes. Arch. Hydrobiol. 110 (3): 365-385.

Cronberg, G. 1978. The Lago do Paraná Restoration Project. Phytoplankton ecology and taxonomy. Project PAHO/WHO, 77/WT/BRA/2341/04. 5-39 pp.

Dejoux, C. & A. Iltis. 1991. El lago de Titicaca. Síntesis del conocimiento limnológico actual. Orston/Hisbol Publ. 580 p.

Galat, D. L.; J. P. Verdin & L. L. Sims. 1990. Large-scale patterns of *Nodularia spumigena* blooms in Pyramid Lake, Nevada, determined from Landsat imagery: 1972-1986. – Hydrobiologia 197: 147-164.

van Gremberghe, I.; F. Leliaert; J. Mergeay; P. Vanormelingen; K. Van der Gucht; A. E. Debeer; G. Lacerot; L. De Meester & W. Vyverman. 2011. Lack of phylogeographic structure in the freshwater cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* suggests global dispersal. PloS One 6 (5): e19561.

Hayes, P. K. & G. L. Barker. 1997. Genetic diversity within Baltic Sea populations of *Nodularia* (Cyanobacteria). J. Phycol. 33: 919-923.

Hübel, H. & M. Hübel. 1980. Nitrogen fixation during blooms of *Nodularia* in coastal waters and backwaters of the Arkona Sea (Baltic Sea) in 1974. Internat. Rev. ges. Hydrobiol. 65 (6): 793-808.

Komárek, J. 2013. Cyanoprokaryota - 3. Teil / 3rd Part: Heterocytous Genera. – In: Büdel B., Gärtner G., Krienitz L. & Schagerl M. (eds.), Süswasserflora von Mitteleuropa (Freshwater Flora of Central Europe), Springer Spektrum Berlin, Heidelberg, 1130 pp.

Komárek, J. & K. Anagnostidis. 2005. Cyanoprokaryota-2. Teil/ 2nd Part: Oscillatoriales. *In*: Büdel B., Krienitz L., Gärtner G. & Schagerl M. (eds.). Süsswasserflora von Mitteleuropa 19/2, Elsevier/Spektrum, Heidelberg, 759 pp.

Komárek, J.; M. Hübel; H. Hübel & J. Šmarda. 1993. The *Nodularia* studies 2. Taxonomy. Algolog. Stud. 68: 1-25.

Komárek, J.; E. Zapomělová; J. Šmarda; J. Kopecký; E. Rejmánková; J. Woodhouse; B. A. Neilan & J. Komárková. 2013. Polyphasic evaluation of *Limnoraphis robusta*, a water-bloom forming cyanobacterium from Lake Atitlán, Guatemala, with a description of *Limnoraphis* gen. nov. Fottea 13 (1): 39-52.

Mioni, C.; R. Kudela; D. Baxa & M. Sullivan. 2011–2012. Harmful cyanobacteria blooms and their toxins in Clear Lake and the Sacramento – San Joaquin Delta (California). – Report from: Surface Water Ambiente Monitoring Program (SWAMP), N° 10–058–150, 84 pp. + Append.

Nordin, R. N. & J. R. Stein. 1980. Taxonomic revision of *Nodularia* (Cyanophyceae/ Cyanobacteria). Can. J. Bot. 58 (11): 1211-1224.

Pérez, M. C.; S. Bonilla; L. de León; J. Šmarda & J. Komárek. 1999. A bloom of *Nodularia baltica-spumigena* group (Cyanobacteria) in a shallow coastal lagoon of Uruguay, South America. - Algolog. Stud. 93: 91-101.

Proškina-Lavrenko, A. I. & L. V. Makarova. 1968. Vodorosli planktona Kaspijskogo morja [Planktic algae of the Caspian Sea.]. Leningrad, 291 pp.

Rejmánková, E.; J. Komárek; M. Dix; J. Komárková & N. Giron. 2011. Cyanobacterial blooms in lake Atitlan, Guatemala. Limnologica 41: 296-302.

Richerson, P. J.; C. Widmer & T. Kittel. 1977. The limnology of Lake Titicaca (Peru-Bolivia), a large, high altitude tropical lake. – Inst. of Ecology, Univ. of California, Davis. Publ. 14: 41 pp.

Richerson, P. J.; P. Neale; W. Wurtsbaugh; R. Alfaro & W. Vincent. 1986. Patterns of temporal variation in primary production and other limnological variables in Lake Titicaca, a high altitude tropical lake. Hydrobiologia 138: 205-220.

Skuja, H. 1948. Taxonomie des Phytoplanktons einiger Seen in Uppland, Schweden. Symb. Bot. Upsal. 9, 3:1-399.

Šmarda, J.; J. Komárek; J. Čáslavská & H. Hübel. 1988. The *Nodularia*-Studies. 1. Introduction, fine structure. Algolog. Stud. 50-53: 109-129.

Tavera, R. & J. Komárek. 1996. Cyanoprokaryotes in the volcanic lake of Alchichica, Puebla State, Mexico. Algolog. Stud. 83: 511-539.

Arnaldoa 21 (2): 9 - 24, 2014 ISSN: 1815-8242

Análisis fitoquímico preliminar y evaluación de la actividad hipoglucemiante de *Rubus floribundus* Kunth (Rosaceae) "zarzamora"

Preliminary phytochemical analysis and evaluation of hypoglycemic activity of *Rubus floribundus* Kunth (Rosaceae) "blackberry"

Fredy Romel Pérez Azahuanche
Facultad de Ciencias de la Salud – Departamento Académico de Ciencias- Área Química. Universidad Privada Antenor Orrego. fpereza@upao.edu.pe

Juana del Carmen Guerrero Hurtado
Facultad de Medicina - Escuela Profesional de Estomatología-Universidad Privada Antenor Orrego

Zoila Mercedes Ortiz Rubio
Bienestar Universitario – Laboratorio Clínico – Universidad Privada Antenor Orrego

Fernando Rodríguez Ávalos
Facultad de Ciencias Agrarias – Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego

Guillermo León Aponte
Ingeniero Químico, Docente Auxiliar, Facultad de Ciencias de la Salud – Departamento Académico de Ciencias. Universidad Privada Antenor Orrego

Resumen

Rubus floribundus Kunth (Rosaceae) "zarzamora" tiene diversas aplicaciones medicinales entre las que destaca el tratamiento de diabetes, pero existe poca información científica que valide su uso tradicional. El objetivo del presente trabajo fue realizar el análisis fitoquímico preliminar y evaluación de la actividad hipoglucemiante del *R. floribundus* Kunth (Rosaceae) "zarzamora". Se usó infusiones de rama floral de *R. floribundus* Kunth (Rosaceae) "zarzamora" seca y molida. El análisis fitoquímico preliminar se realizó mediante el ensayo a la gota con extractos de diferente polaridad. La evaluación hipoglucemiante se realizó en *Rattus rattus* var. *albinus*, mediante tiras reactivas glucometer y dosis de extracto de 28, 14 y 7 mg de extracto de "zarzamora"/kg de peso corporal. El análisis fitoquímico preliminar indicó la presencia de esteroides, flavonoides, cardiotónicos, taninos y antocianinas. La evaluación de la actividad hipoglucemiante en *R. rattus* var. *albinus*, demostró que a dosis de 28 mg de extracto acuoso de "zarzamora"/kg de peso corporal, a las doce horas, influye significativamente en la normalización de la glucemia y tiene efecto similar que la glibenclamida de 0.5 mg/kg de peso corporal. El extracto acuoso de rama floral de *R. floribundus* Kunth (Rosaceae) "zarzamora" tiene efecto hipoglucemiante, lo que valida su uso tradicional en el tratamiento de *Diabetes Mellitus.*

Palabras claves: Actividad hipoglucemiante, análisis fitoquímico preliminar, ensayo a la gota, "zarzamora"

Abstract

Rubus floribundus Kunth (Rosaceae) "blackberry" has several medicinal uses including the treatment of diabetes, but there is little scientific information to validate its traditional use. To carry out the preliminary phytochemical analysis and evaluate the hypoglycemic activity of *R. floribundus* Kunth (Rosaceae) "blackberry". Infusions of floral branch of *R. floribundus* Kunth (Rosaceae) "blackberry", dried and ground, were used. The preliminary phytochemical analysis was carried out by spot test using extracts with different polarity. The hypoglycemic evaluation was performed in *Rattus rattus* var. *albinus*, by mean of glucometer test strips and doses of extracts of 28, 14, and 7 mg "blackberry" extract/kg body weight. The preliminary phytochemical analysis showed the presence of steroids, flavonoids, cardiotonics, tannins, and anthocyanins. The evaluation of the hypoglycemic activity in *R. rattus* var. *albinus* showed that with a dose of 28 mg "blackberry" extract/kg body wight, at twelve hours, had a significant effect on the glycemic normalization, similar to the dose of 0.5 mg glibenclamide/kg body weight. The aqueous extract of the floral branch of *R. floribundus* Kunth (Rosaceae) "blackberry" has hypoglycemic effect, fact that gives enough support for its traditional use in the treatment of *Diabetes mellitus*.

Keywords: Hypoglycemic activity, preliminary phytochemical analysis, spot test, "blackberry".

Introducción

A nivel mundial, en el 2006, la *Diabetes mellitus* fue la tercera causa de muerte en mujeres de 65 y más años y la quinta en hombres de ese mismo grupo etario. En Estados Unidos, se estima que la diabetes tipo 2 representa entre el 8 y el 45% de los nuevos casos de diabetes. El índice de prevalencia en los países con mayor población con diabetes son Brasil (4,5 millones), Argentina (1,4 millones), Colombia, Perú y Venezuela (Cabrera-Morón *et al*., 2010).

Marles y Farnsworth estimaron que existen alrededor de 1200 especies vegetales que se vienen usando mundialmente, en la medicina tradicional contra la diabetes (Marles & Farnsworth, 1995). Se han reportado colecciones de especies vegetales de uso en la medicina tradicional para el tratamiento de la diabetes y propiedades

hipoglucemiantes (Bnouham *et al*., 2002; Malviya & Malviya, 2010; Wadkar *et al.*, 2008). Varios investigadores han reportado estudios de actividad hipoglucemiante y antihiperglucemiante de extractos de plantas medicinales aplicados a ratas (Castañeda & Condori, 2010; Silmara *et al*., 2008), y también en humanos (Arroyo *et al*., 2009), para justificar, científicamente, el uso de dichas especies contra la diabetes. También se ha propuesto el mecanismo de cómo las plantas medicinales producen efectos hipoglucemiantes (Sugihara *et al.,* 2000). La acción hipoglucemiante de las especies vegetales se atribuye a que contienen compuestos fenólicos, flavonoides, terpenoides, cumarinas, xantonas, alcaloides y otros constituyentes, los cuales, han demostrado su poder de reducir la glucosa en la sangre (Hong-Fang & Hong-Yu, 2009). Bussmann y Sharon han reportado 31 especies vegetales medicinales que se vienen usando contra la diabetes en la medicina tradicional de la zona norte del Perú y sólo algunas se han estudiado en su acción hipoglucemiante. Entre las especies vegetales, con posible actividad hipoglucemiante y su uso contra la diabetes, destaca el *Rubus floribundus* Kunth (Rosaceae) "zarazamora". Sin embargo, no existe la suficiente evidencia científica que valide dicho efecto (Bussmann & Sharon, 2007).

R. floribundus "zarzamora" conocida también como: "moyaca", "zarza", "zarzaparrilla", "mora" o "cushai", pertenece a la familia Rosaceae, es un arbusto a menudo apoyante-rastrero, armado de espinas. Hojas con tres foliolos, cada uno con base redondeada y ápice acuminado, borde aserrado. El haz es liso color verde oscuro y el envés blanquecino por la presencia de pequeños pelos muy densos. Inflorescencia, cimas simples o compuestas, racimos o panículas o flores solitarias. Flores vistosas color blancas a rosadas, hermafroditas. Frutos globosos, lisos, agridulces llamados "moras" (Fig. 1 y Fig 2). Crece alrededor de los 2624 m de elevación en las zonas húmedas del Cerro Santa Apolonia de Llacanora (Cajamarca), abunda en los meses de lluvia, sus frutos brotan en los meses de noviembre y diciembre (Castañeda & Condori, 2010). Para colectarla es necesaria la hoz, debido a las espinas. Tradicionalmente se usa para tratar: resfríos, ira, dolor de cuerpo, susto, tos, colesterol, bronquitis, garganta seca y para la diabetes; en esta última, se viene usando como infusión acuosa de la rama florífera, un litro al día, durante un mes (Bussmann & Sharon, 2007).

La información estadística mundial indica que la *Diabetes mellitus* se constituye en un problema de salud relevante, el alto precio de los fármacos hace inaccesible su uso por la gran mayoría de pacientes y su, cada vez menor, efectividad hace que el uso de las plantas medicinales, a un menor costo y más accesibles, sea una mejor alternativa para combatir la diabetes. Es por ello, que es necesario incrementar los estudios científicos de las especies vegetales, con respecto a su actividad hipoglucemiante, así como realizar un análisis fitoquímico, obtener el principio activo puro y elucidar su estructura química. En el presente trabajo se realiza el análisis fitoquímico preliminar y se evalúa la actividad hipoglucemiante del *R. floribundus* para establecer la evidencia científica que respalde su uso tradicional.

Material y métodos

Metodología

Material vegetal

Se adquirió ramas floríferas semisecas de *R. floribundus* del Mercado Mayorista de

Trujillo - La Libertad – Perú, un ejemplar de esta especie fue identificado por el botánico Segundo Leiva González, e incluido en la colección del Herbario de la Universidad Privada Antenor Orrego-Trujillo-Perú (HAO, 1155). Las ramas floríferas, se secóaron completamente en estufa a 40ºC durante dos días, luego, se pulverizó en un molino mecánico y, finalmente, se guardó en una bolsa plástica de cierre hermético.

Se controló la esterilidad del pulverizado, mediante los siguientes análisis microbiológicos, según la Norma Técnica Sanitaria de Control de Calidad y Sanidad de Productos Alimenticios Nº 071 (MINSA, 2008; Guerrero-Hurtado *et al*., 2013).

• **Medio de cultivo**: caldo brilla, agar Mac Conkey, para la determinación de coliformes totales.

• **Medio de cultivo**: agar nutritivo, para la determinación de la numeración de microorganismos aerobios mesófilos viables.

• **Medio de Cultivo**: agar Saboraoud, para determinar la numeración de hongos y levaduras).

Preparación de extractos

Para el análisis fitoquímico preliminar se prepararon infusiones, en vasos de 250 mL, de cuatro muestras pulverizadas de 5,0 g cada una, con solventes de diferente polaridad (cloroformo, etanol 96%, agua destilada y HCl 1%), y se dejó reposar a temperatura ambiente por 24 h.

Para el estudio hipoglucemiante se preparó una infusión acuosa de la especie vegetal, consistente en colocar 40 g de la muestra pulverizada, en un vaso de precipitación, a la cual, se vertió agua destilada hirviendo hasta completar 100mL, por 20 minutos; luego, se filtró y se envasó en un frasco de color caramelo. El extracto acuoso (0,028 g/mL) se guardó en la refrigeradora (4 °C).

A partir de este extracto se prepararon dosis de 28, 14 y 7 mg de extracto de "zarzamora"/kg de peso corporal.

Análisis fitoquímico preliminar

Con el ensayo a la gota, se determinaron, de manera cualitativa, los metabolitos secundarios en el extracto vegetal, y el método consistió en someter a los extractos con solventes de diferente polaridad a reactivos específicos, los cuales, generaron compuestos coloreados, según el metabolito secundario presente (Domínguez & Alcorn, 1985). En el extracto clorofórmico, se realizaron los ensayos para esteroides (Liebermann-Burchard) y quinonas (Borntränger); en el etanólico, para flavonoides (Shinoda), compuestos fenólicos (cloruro férrico) y cardiotónicos (Kedde); en el acuoso, para antocianinas (pH), saponinas (espuma); y en el HCl al 1%, para alcaloides (Dragendorff, Mayer & Wagner).

Evaluación de la actividad hipoglucemiante

Animales

Se utilizaron especímenes de la variedad *Ratus ratus* var. *albinus*, machos, con peso entre 300 a 350 g, de 3 meses de edad, procedentes del bioterio del Instituto Nacional de Salud, del Ministerio de Salud, que se mantuvieron bajo las mismas condiciones controladas de alimentación, temperatura y luz. Antes del estudio, se consideró un ayuno previo de 12 h. Para el uso y cuidado de los especímenes se siguió las normas establecidas en el Manual de procedimientos del comité institucional de ética para el uso de animales (CIA) de la

Universidad Peruana Cayetano Heredia (Universidad Peruana Cayetano Heredia – Vicerrectorado de Investigación, 2013).

La muestra fue de 25 especímenes de *R. rattus*, de los cuales, 20 fueron inducidos para provocar hiperglucemia y 5, como blanco o testigo (Meckes *et al.*, 2001).

Evaluación Biológica

Los especímenes se distribuyeron al azar, en jaulas de cinco por cada grupo, se mantuvieron bajo condiciones ambientales naturales de temperatura, humedad e iluminación, con dieta balanceada para ratas de hasta 100 g/día y agua a libertad, durante una semana antes del estudio. Trascurrido este tiempo se procedió de la siguiente manera (Navarro *et al.*, 2004):

1. Determinación de glucosa basal

Con el glucómetro Accu-Chek active, y sus respectivas tiras reactivas, se determinó la glucosa en sangre a todos los especímenes, previo ayuno de 12 horas, se realizó una incisión en el ápice de la cola hasta obtener una gota homogénea, la que se colocó sobre la tira reactiva insertada en el glucómetro, para observar, en la pantalla, la lectura del valorde la concentración de laglucosa. Valor Referencial normal: 70-110 mg/dL

Se determinó el porcentaje de variación de la concentración de glucosa (PVG) en cada medición o dosaje, según la fórmula:

$$PVG = \frac{Gx - Go}{Go} \times 100$$

Go = Glucemia basal

Gx = Nivel de glucemia a las 3, 6, 9 y12 horas.

2. Inducción de hiperglucemia con Aloxano

A los animales de experimentación, antes de la inducción de la hiperglucemia, se les determinó la glucemia basal. La hiperglucemia se provocó con solución de aloxano 5%, en buffer de fosfato (pH 7.35), con dosis de 0.5 mg/kg de peso corporal, con una frecuencia interdiaria, durante una semana por vía intraperitoneal, monitoreando la concentración de glucosa hasta obtener el valor de 330-450 mg/dL, considerado en este estudio (Pérez-Gutiérrez *et al.*, 1998).

Distribución de los grupos experimentales.

Se realizó con:

Grupo 1: Testigo o blanco.

Grupo 2: Para el efecto hipoglucemiante con extracto de *R. robustus* a 28 mg/kg de peso corporal.

Grupo 3: Para el efecto hipoglucemiante con extracto de *R. robustus* a 14 mg/kg de peso corporal.

Grupo 4: Para el efecto hipoglucemiante con extracto de *R. robustus* a 7 mg/kg de peso corporal.

Grupo 5: Para el efecto hipoglucemiante con fármaco glibenclamida a 0.5 mg/kg de peso corporal.

Al grupo testigo o blanco, no se le indujo hiperglucemia, ni se le administró el extracto, solamente se le administró 2 mL de suero fisiológico como placebo.

A los grupos 2, 3 y 4 se les administró 2 mL por la mañana y al medio día, extracto de la rama floral de *R. robustus* vía oral a las dosis de: 28, 14 y 7 mg/kg de peso corporal, respectivamente.

Al grupo 5 se le administró 2mL de glibenclamida 0.5 mg/kg de peso corporal.

La evaluación del efecto hipoglucemiante se realizó mediante la determinación de la

variación de los niveles de glucosa, después de la administración del extracto y del fármaco glibenclamida, respectivamente, tomando muestra sanguínea a las 3, 6, 9 y 12 horas.

Análisis estadístico

Los resultados se expresaron en medias y desviación típica. Además, se realizaron comparaciones de los diferentes tratamientos utilizando diseños completamente aleatorizados y mediante el análisis de varianza, que muestran diferencias promedios en *R. rattus* que fueron sometidas a la experimentación en los diferentes grupos; la prueba de Levene muestra valores de $p>0.05$ lo cual indica que las varianzas en los grupos son homogéneas y el ANOVA aplicado es de una sola vía sin interacciones en cada intervalo tiempo evaluado y muestra valores de $p<0.05$ lo que indica diferencia significativa entre los diferentes grupos de tratamientos según el tiempo después de aplicación de los tratamientos.

Resultados

El control de esterilidad del pulverizado de *R. floribundus* mostró que estuvo libre de agentes contaminantes. El análisis fitoquímico preliminar de la especie vegetal determinó la presencia de esteroides, flavonoides, cardiotónicos, taninos y antocianinas (Tabla 1).

Los resultados de la evaluación de la actividad hipoglucemiante se muestran en las Tabla 2. Se observa que el valor promedio de la hiperglucemia inducida con aloxano es de 400 mg/dL, valor que por efecto de la administración del extracto a 28 mg/kg de peso corporal, a las 3 h, baja a 300 mg/dL, a las 6 h, a 250 mg/dL, a las 9 h, a 150 mg/dL y a las 12 h 100 mg/dL, lo cual indica que tiene un efecto normalizador de glucosa a las 12h.

Para los extractos de 14 y 7 mg/kg de peso corporal, respectivamente, no se obtuvo efecto normalizador de la glucosa a las 12 h, obteniéndose valores mayores al rango normal de glucosa.

El efecto hipoglucemiante del glibenclamida como patrón de referencia, redujo el valor promedio de hiperglucemia inducida de 390 mg/dL, a las 3 h, 290 mg/dL, a las 6 h, 240 mg/dL, a las 9 h, 144 mg/dL y a las 12 h, 100 mg/dL; normalizando la glicemia. El valor normal referencial de glucosa fue 70-110 mg/dL.

El grupo testigo o blanco mantuvo el valor promedio de glucosa basal de 86 mg/dL y no hubo cambios significativos en el dosaje de glucemia a las 3, 6, 9, y 12 h.

En la Tabla 3 muestra los análisis estadísticos de Levene y ANOVA en los grupos de *R. rattus* de experimentación según niveles de glucosa (mg/dL) durante el experimento. La prueba de Levene muestra valores de $p>0.05$ lo cual indica que las varianzas en los grupos son homogéneas y según ANOVA el $p<0.05$ indica que existe diferencia significativa entre los diferentes grupos de tratamientos según el tiempo después de aplicación de los tratamientos. Complementariamente se realizó la prueba Tukey-a de comparación de medias, para determinar cuál fue el grupo que presentó mayor diferencia promedio significativa de los demás según los intervalos de medición de los niveles de glucosa. Se encontró que los tratamientos con mayor efecto hipoglucemiante corresponden a los grupos de tratamiento con glibenclamida y el grupo 2 (28 mg de extracto/kg de peso corporal).

En la Tabla 4 se muestra el porcentaje de variación de los valores promedios de hipoglucemia inducida con aloxano y

tratados con el extracto y la glibenclamida, respectivamente. La dosis a 28 mg/kg del infuso rama floral de *R. floribundus* disminuye los niveles de glicemia en similar cantidad porcentual que Glibenclamida (0.5mg/kg).

Discusión

El extracto acuoso de rama floral de *R. floribundus* de 28 mg/kg de peso corporal, tiene efecto hipoglucemiante, por cuanto normaliza el dosaje de la glucosa de 400 mg/dL a 100 mg/dL, en el lapso de 12 h, en ratas con hiperglucemia inducida. Esto concuerda con el análisis estadístico realizado. Asimismo, este hecho justifica su uso tradicional del *R. floribundus* en el tratamiento de la diabetes, de tomar su extracto acuoso como agua de tiempo, un litro al día y por un mes (Bussmann & Sharon, 2007).

El efecto hipoglucemiante del *R. floribundus,* puede atribuirse a los principios activos que posee, determinados cualitativamente mediante el análisis fitoquímico preliminar realizado; destacando los compuestos fenólicos que han demostrado propiedad hipoglucemiante. Hong-Fang y colaboradores (Hong-Fang *et al*., 2009), Jung y colaboradores (Jung *et al*., 2006), aislaron, entre otros principios activos, el 1-hidroxi-3,6,7-trimetoxixantona (una variedad de compuesto fenólico), el cual es un agente antidabético que podría usarse en el tratamiento de la diabetes.

En el presente trabajo falta determinar, específicamente, el metabolito o metabolitos que es o son responsables de la actividad hipoglucemiante, así como, las estructuras químicas.

Al comparar las dosis de glibenclamida (0.5mg/kg de peso corporal) con la dosis del extracto de "zarzamora" (28 mg/kg de peso corporal) en la normalización de la glucosa, se deduce, aparentemente, la glibenclamida tiene ventaja sobre el extracto de "zarzamora"; sin embargo, es importante resaltar que el principio activo, responsable del efecto normalizador, estaría presente en el extracto de "zarzamora"; en un promedio, del 1% del peso del extracto (Tellez-Alfonso *et al*., 2006), es decir 0,28 mg/kg, lo que significaría ventaja sobre el fármaco.

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye, que *R. floribundus* tiene actividad hipoglucemiante, lo que valida su uso tradicional en el tratamiento de la *Diabetes mellitus*.

Agradecimientos

Al Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Privada Antenor Orrego por el apoyo económico para el desarrollo del presente trabajo de investigación. A la Mg. Blanca Robles Pastor, por el apoyo en el análisis estadístico realizado.

Literatura citada

Arroyo, J.; J. Martínez; G. Ronceros; R. Palomino; A. Villarreal; P. Bonilla; *et al*. 2009. Efecto hipoglicemiante coadyuvante del extracto etanólico de hojas de *Annona muricata* L "guanábana", en pacientes con diabetes tipo 2 bajo tratamiento de glibenclamida. AnFacmed.; 70 (3): 163-167.

Bnouham, M.; H. Mekhfi; A. Legssyer & A. Ziyyat. 2002. Medicinal plants used in the treatment of diabetes in Morocco. Int J Diabetes & Metabolism, 10: 33-50.

Bussmann, R. & D. Sharon. 2007. Plants of the tour winds- The magic and medicinal flora of Peru. Editorial Graficart, Trujillo-Perú.

Cabrera-Morón, R.; I. Motta-Quijandría; C. Rodríguez-Robladillo & D. Velásquez-Carranza. 2010. Nivel de conocimiento sobre autocuidado en la prevención de complicaciones diabéticas en usuarios del Policlínico Chincha – EsSalud. 2009. Rev Enferm Herediana, 3 (1): 29-36.

Castañeda, G. M. & E. M. Condori. 2010. Catálogo y

estudio farmacognóstico de plantas medicinales del distrito de Llacanora, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca. Tesis para optar el título profesional de Químico Farmacéutico - Universidad Nacional Mayor de San Marcos - Facultad de Farmacia y Bioquímica.

Domínguez, X. A. & J. B. Alcorn. 1985. Screening of medicinal plants used by huastec Mayans of North eastern Mexico. J. Ethnopharmacol,13 (2): 139-56.

Guerrero-Hurtado, J. C.; Z. M. Ortiz-Rubio; L. F. Peralta-Berrospi & F. R. Pérez-Azahuanche. 2013. Actividad antibacteriana de *Pelargomium peltatum* (L.) L'Her. sobre *Streptococcus mutans, Streptococcus sanguis* y *Streptococcus mitis* frente a clorhexidina. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú. Rev Cubana Plant. Med, 18 (2): 1028-4796.

Hong-Fang, J.; L. Xue-Juan & Z. Hong-Yu. 2009. Natural products and drug discovery. EMBO Rep., 10: 194-200.

Jung, M.; M. Park; H. C. Lee; Y. Kang; E. S. King & S. K. Kim. 2006. Antidabetic agents from medicinal plants. Curr. Med. Chem., 13:1203-1218.

Malviya, N.; S. Jain & S. Malviya. 2010. Acta Poloniae Pharmaceutica Drug Research, 67 (2): 113-118.

Manual de procedimientos del comité institucional de ética para el uso de animales (CIEA). Dirección universitaria de investigación e información científico técnica (DUIICT)- Universidad Peruana Cayetano Heredia – Vicerrectorado de Investigación (Citado el 30 de noviembre del 2013). Disponible en: http://www.upch.edu.pe/vrinve/duict/aplicaciones-e-instrucciones.html.

Marles, R. J. & N. R. Farnsworth. 1995. Antidiabetic plants and their active constituents. Phytomedicine, 2: 137-139.

Meckes, M.; M. L. Garduño; S. Marquina & L. Álvarez. 2001. Iridoides adicionales de la planta medicinal *Astianthus viminalis* y su actividad hipoglucemiante y antihiperglucemiante. Revista de la Sociedad Química de México, 45 (4): 195-199.

MINSA. 2008. Ministerio de salud, Control de calidad y sanidad de productos alimenticios. Informe de la dirección Ejecutiva de Salud Ambiental DIRESA. Lima Perú.

Navarro, M.; J. Coussio; O. Hnatyszyn & G. Ferraro. 2004. Efecto Hipoglucemiante del Extracto Acuoso de *Phyllanthus sellowianus* "sarandí blanco" en Ratones C57BL/Ks. Acta Farm. Bonaerense, 23 (4): 520-523.

Pérez-Gutiérrez, R.; C. Pérez-González; M. Zavala-Sánchez & S. Pérez-Gutiérrez. 1998. Actividad hipoglucemiante de *Bouvardia terniflora*, *Brickellia veronicaefolia* y *Parmentiera edulis.* Salud Pública de México, 40 (4): 354-358.

Silmara, B.; F. Suzuki; S. Martins; R. Nakamura & C. Bersani. 2008. Effect of crude extracts of leaves of *Smallanthus sonchifolius* "yacon" on glycemia in diabetic rats. Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences, 44 (3): 521-530.

Sugihara, Y.; H. Nojima; H. Matsuda; T. Murakami; M. Yoshikawa & I. Kimura. 2000. Antihyperglycemic effects of gymnemic acid IV, a compound derived from Gymnemasylvestre leaves in streptozotocin-diabetic mice. J. Asian Nat. Prod. Res., 2:321-327.

Tellez-Alfonso, A. N.; C. Castro; T. Riveros & R. Torrenegra. 2006. Efectos citotóxicos i*n vitro* de extractos y fracciones de *Espeletia Killipii* Cuatr. frente a líneas celulares tumorales humanos. Brazilian Journal of Pharmacognosy, 16 (1): 12-16.

Wadkar, K. A.; C. S. Magdum; S. S. Patil & N. S. Naikwa. 2008. Anti-diabetic potential and indian medicinal plants. Journal of Herbal Medicine and Toxicology, 2 (1): 45-50.

Anexo

Tabla 1. Análisis fitoquímico preliminar de la infusión de rama floral de *R. floribundus*

Fitoconstituyente	Solvente			
	CHCl3	EtOH	H2O	HCl1%
Quinonas	_	¬	0	0
Esteroides	+	0	0	0
Flavonoides	0	+	+	0
Cardiotónicos	0	+	0	0
Taninos	0	+	+	0
Antocianinas	0	0	+	0
Saponinas	0	0	-	0
Alcaloides	0	0	0	-

+: presencia, (-): ausencia, 0: no se realizó el análisis.

Tabla 2. Comparación del valor promedio del efecto hipolucemiante del extracto de rama floral de R. floribundus en *R. rattus* en el experimento

Grupos	Glucosa (mg/dL)									
	Inicio		3 horas		6 horas		9 horas		12 horas	
	Media	Desv. típica	Media	Desv. típica	Media	Desv. típica	Media	Desv. típica	Media	Desv. típica
1 (testigo)	86	11.4	87.8	10.4	89.2	11.9	88.8	11.8	86.8	10.6
2 (28mg/kg de p.c.)	400	52.9	300	52.9	250	52.9	150	7.1	100	7.1
3 (14mg/kg de p.c.)	410	45.3	350	45.3	320	45.3	260	45.3	230	45.3
4 (7mg/kg de p.c.)	410	45.3	380	45.3	342	63.6	332	45.3	314	45.3
5 (glibenclamida)	390	49.5	290	25.5	240	25.5	144	15.2	100	10
Sig.	**0.00		**0.00		**0.00		**0.00		**0.00	

**$p<0.001$ diferencia altamente significativa

Tabla 3. Pruebas estadísticas en los grupos de *R. rattus* de experimentación según niveles de glucosa (mg/dL) durante el experimento.

Nivel de glucosa	Levene	Anova
	p	p
Inicial	0.144	0.000
A 3 horas	0.096	0.000
A 6 horas	0.058	0.000
A 9 horas	0.060	0.000
A 12 horas	0.052	0.000

Tabla 4. Porcentaje de variación del valor promedio de glicemia a las 3, 6, 9 y 12 h después de la administración del extracto de rama floral de *R. floribundus* y glibenclamida en *R. rattus*

Tiempo (h)	Dosis del infuso rama floral de *R. floribundus* mg/kg			Glibenclamida 0.5mg/kg
	28	14	7	
3	33.3%	17.1%	7.8%	37.9%
6	60%	28%	13.2%	66.6%
9	166%	57.6%	23.4%.	185%
12	300%	78%	30.5%	300%

Fig. 1. Rama florífera de *Rubus floribundus* Kunth. (Foto, cortesía de S. Leiva, HAO).

Fig. 2. Flor en antésis de *Rubus floribundus* Kunth. (Foto, cortesía de S. Leiva, HAO).

INSTRUCCIONES A LOS AUTORES

PERFIL EDITORIAL

Arnaldoa es una publicación abierta a trabajos científicos originales y revisiones de botánica pura o aplicada en sus diversas áreas: Sistemática y taxonomía de plantas avasculares y vasculares, morfología, citología y genética, corología y ecología, etnobotánica, biología reproductiva, estructura y desarrollo, microbiología y parasitología, ficología, micología, zoología.

La edición de los artículos se efectúa en 4 etapas:

1. Evaluación de la calidad y presentación del manuscrito original a cargo del Comité Editorial. Los artículos que no se ajusten a las normas editoriales serán devueltos antes de evaluar su contenido.

2. Evaluación del fondo o contenido del manuscrito a cargo de dos árbitros anónimos no pertenecientes al equipo editorial; posteriormente, se informa al autor el resultado de la evaluación (aceptación, correcciones a introducir en el texto o su desaprobación).

3. Evaluación de la forma o corrección de estilo a cargo del Comité Editorial.

4. Revisión de las pruebas de imprenta a cargo del autor y Comité Editorial. Se recomienda a los autores poner énfasis en la redacción, sintaxis, ortografía, citas y referencias bibliográficas, nombres científicos y abreviaturas de los autores.

La extensión podrá ser hasta de veinte páginas impresas, incluidas figuras y tablas; la dirección de la revista considera posibles excepciones.

PAUTAS DE ESTILO

1. Instrucciones generales

-Los manuscritos pueden ser escritos en idioma español, portugués o inglés en letra Times New Roman a 12 puntos, doble espacio, con márgenes 2,5 cm, en una sola cara de la hoja tamaño A4. Numerar páginas e ilustraciones.

-Se envían tres copias impresas de los originales a la redacción de la Revista. En esta instancia, se incluye sólo buenas copias de las ilustraciones (no los originales). Una vez aceptado el trabajo, debe ser enviado en un CD o Correo electrónico.

-Los artículos incluyen: Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión, Agradecimientos, Literatura citada.

2. Estilo

-Se alinea el texto a la izquierda, sin sangrías, centrados o justificados, evitando subrayados, cursivas (excepto para los nombres científicos) y, en lo posible, llamadas a pie de página.

-Las palabras deben ir separadas por un solo espacio.

-En caso de que hubiera tablas o cuadros, comenzarlos en página separada, con un corte de página. Se citan las figuras y tablas en el texto (Fig. 1).

-Los patronímicos (en autores, referencias bibliográficas, siglas, material estudiado) van en minúsculas.

-Las citas en idiomas extranjeros y nombres vernáculos llevan comillas.

-Los taxones genéricos e infragenéricos se escriben en cursiva; las siglas son citadas solamente la primera vez que se la menciona.

3. Primera página

-El título debe ser breve y conciso, escrito con minúsculas y sin punto final. Si corresponde, entre paréntesis se incluye el nombre de la Familia o División. Se sugiere un título abreviado para el titulillo.

-Se cita a continuación el o los autores e inmediatamente por debajo se indica lugar de trabajo, dirección postal y electrónica.

-Se acompaña un resumen en español y otro en inglés (abstract), que no superen las 250 palabras, escritas en un párrafo independiente. Tanto el resumen y el abstract consisten en un único párrafo (sin puntos aparte). En ambos resúmenes se añaden hasta 10 palabras clave complementarias al título.

4. Abreviaturas

-Los autores de los taxones deben ser abreviados de acuerdo con "Authors of Plants Names" (Brummit & Powell, 1992) o en la web:

http//cms.huh.harvard.edu//databases/botanist_index.html

-Los libros se abrevian de acuerdo con "Taxonomic Literature", 2da Edición; las publicaciones periódicas según BPH ("Botánico-Periodicum-Huntianum", 1969) y BPH/S ("Botanico-Periodicum-Huntianum/Suplementum", 1991), ambas en la web.

http//cms.huh.harvard.edu//databases/publication_index.html

-Los Herbarios se abrevian según Thiers, B. [continuamente actualizada]. Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium.

http://sweetgum.nybg.org/ih/ (accedido en septiembre de 2013).

-Las unidades de medida, los acrónimos y los puntos cardinales no llevan punto.

5.Tratamientos taxonómicos

5.1. Las claves serán dicotómicas.

5.2. Descripciones de especies nuevas:

Previa a la descripción, se coloca el nombre, en negrita y cursiva, seguido por el nombre o sigla del autor; a continuación se indica el tipo de novedad que se propone (sp. nov., comb. nov., entre otras). Al final se debe hacer referencia a la ilustración, si existiera (ver ejemplo). Luego, se comienza indicando el material tipo, y entre paréntesis la sigla (o siglas) del herbario (s) donde se halla (n) depositado (s).

Ejemplo:

Larnax macrocalyx S. Leiva, E. Rodr. & Campos sp. nov. (Fig. 2)

TIPO: PERÚ. **Dpto. Cajamarca**. Prov. San Ignacio; Distrito Tabaconas, Caserío La Bermeja, La Bermeja-Huaquillo, 1700-1940 m, 20-XI-1997, *E. Rodríguez & R. Cruz 2052* (Holótipo: HUT; Isótipos. AMAZ, CONN, CORD, F, HAO, M, MO, MOL, NY, USM).

A continuación, se comienza en párrafo aparte, la diagnosis en inglés o en latín y en cursiva.

En párrafo aparte, se escribe la descripción detallada en idioma vernáculo, seguido en párrafo aparte: nombre vulgar, especímenes adicionales examinados, comparación con las especies afines, distribución y ecología, fenología, estado actual, etimología, usos.

Los taxones nuevos para la ciencia deben estar ilustrados, sobre todo en lo que respecta a sus caracteres diagnósticos y en lo posible un mapa de distribución y claves taxonómicas.

5.3. Especies ya descritas:

Se consigna el nombre de la especie (en negrita y cursiva) seguido por el nombre o sigla del autor (es) y la cita bibliográfica; a continuación se coloca el basónimo si correspondiera. Siguen inmediatamente los datos del material TIPO, empleando

signos de admiración si el material fue visto o revisado (Ej. NY!). En párrafo aparte se indican los sinónimos. Ejemplo:

Nasa carunculata (Urb. & Gilg) Weigend, comb. nov. Arnaldoa 5 (2): 1998. Basónimo, *Loasa carunculata* Urb. & Gilg, Nova Acta Caes. Leop. Carol. German. Nat. Cur. 76: 243-1900.

TIPO: Perú: [Prov. Desconocida] *Lobb 358* (Holótipo: K!, fotografía F!, neg. nr, 495).

= *Loasa vestita* Killip, Journ. Wash. Acad. Science 19: 194, 1929. TIPO: PERÚ. **Dpto. Ayacucho**, Prov. Huanta, al Norte de Huanta, cerca de Huayllay, 3500-3600 m, *Weberbaueri 7591* (Holótipo US!; Isótipos: k!, F!, NY!, BM!, S!, MO!).

En párrafo aparte, se escribe la descripción detallada en idioma vernáculo, seguido en párrafo aparte, nombre vulgar, especímenes examinados, comparación con las especies afines, distribución y ecología, fenología y usos. Etimología es solo para especies nuevas.

6. Especímenes adicionales examinados

-Si el material examinado es abundante, se citan solamente los ejemplares más representativos (por su fenología, distribución, entre otros) en el texto.

-En el texto, los especímenes se citan luego de la descripción, de acuerdo al siguiente orden: PAÍS (en mayúsculas). Departamento/ Estado (Dpto./Edo, en negrita), Provincia, localidad, altitud (m), fecha (el mes en números romanos: 10-X-2013), colector y número de colección (en cursiva). Seguidamente se indica entre paréntesis la sigla del o de los herbarios donde se hallan los ejemplares. Finalmente y entre comillas se anotan las observaciones del colector. Se separan los ejemplares contiguos mediante punto y guión. Las grandes unidades geográficas tales como continentes o subcontinentes son separadas; dentro de ellas, los países se ordenan de norte a sur y de oeste a este, constituyendo cada uno un párrafo independiente.

-Los Estados, Departamentos y Provincias de un mismo país se ordenan alfabeticamente y se agrupan en párrafos. Ejemplo:

PERÚ. **Dpto. Amazonas**, Prov. Chachapoyas, Leymebamba, alrededores de Laguna de los Cóndores, 2500-2600 m, 16-VIII-1998. *V. Quipuscoa et al. 1241,* "abundante" (CONN, CORD, F, HAO, HUT, MO).

7.Literatura citada

-Se incluyen solo las publicaciones de los trabajos mencionados en el texto.

-Los autores se escriben en negrita y se ordenan alfabeticamente, si existieran varios trabajos del mismo autor, se citan en orden cronológico, adjuntando las letras a, b, c, cuando corresponda.

-Si el número de autores es mayor de dos, agregar *et al.* al primero de ellos cuando sean citados en el texto; sin embargo, todos los autores deben figurar en la bibliografía general.

-Las citas en el texto se efectúan según los siguientes modelos: Weigend (1998); según Weigend (1998); Weigend (1998: 162); (Weigend, 1998); Weigend (1998; 2002); Weigend & Rodríguez (2002); Weigend & Rodríguez (2002: 07); (Weigend & Rodríguez, 2002); Weigend *et al.,* 1998; (Weigend *et al.,* 1998) cuando son 3 ó más autores; (Visión & Dillon, 1996; Dillon, Leiva & Quipuscoa, 2007; Leiva & Barboza, 2009).

Ejemplo:

D'Arcy, W.G. 1986. The genera of

Solanaceae and their types. Solanaceae Newsletter 2 (4): 10-33.

Hunziker, A. T. 1979. Estudios sobre Solanaceae; A synoptic survey, pages: 49-85. *In* J. C. Hawkes; R. L. Lester & A. D. Skelding. Editors. Solanaceae Biology and Taxonomy Academic London Press. London.

Mione, T. & F. C. Coe. 1992. Two new combinations in Peruvian *Jaltomata* (Solanaceae). Novon 2: 383-384.

Weigend, M. & E. Rodríguez. 1998. Una nueva especie de *Mentzelia* (Loasaceae) procedente del Valle Marañón en el Norte del Perú. Arnaldoa 5(1): 51-58.

Dillon, M. O.; Y. Tu; A. Soejima; T. Yi; Z. Nie; A. Tye & J. Wen. 2007. Phylogeny of *Nolana* (Nolaneae, Solanoideae, Solanaceae) as inferred from granule-bound starch synthase i (GBSSI) sequences. Taxon 65: 1000-1012.

8.Ilustraciones

-Las fotografías, dibujos, mapas, gráficos, entre otros, individuales o agrupados se tratan como figuras (abreviatura: Fig.).

-Van en negrita y se enumeran consecutivamente con números arábigos, siguiendo el orden con que aparecen en el texto. Cada uno de los elementos es identificado con letras mayúsculas de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo; selecciona el tamaño de las letras de modo que, reducidas al formato (caja) de la revista, midan 3 mm.

-Las dimensiones se indican mediante escalas; se recomienda que todas las escalas de una ilustración se ubiquen en la misma posición preferentemente a la derecha (vertical u horizontal).

-Todas las ilustraciones deben ser de calidad; las fotografías deben ser a color o en blanco y negro, en papel liso (brillante) o digitalizados en alta resolución (mayor a 300dpi o ppp, archivos TIF o JPG), y buen contraste; si varias fotografías componen una figura, se las separa mediante un filete blanco que, reducido al tamaño de la caja, no supere de 1 mm de ancho.

-Presentar dibujos y mapas en tinta china o impresos en laser; los mapas tienen el norte (N) hacia arriba, con al menos dos marcas de latitud y de longitud y una escala en kilómetros. Se recomienda especialmente para trabajos anatómicos y morfológicos evitar repetir dibujos de cortes con micrografías; solo en casos conflictivos puede existir esta doble documentación. Asimismo, los esquemas diagramáticos deben respetar estrictamente el plano del corte.

-No se debe reunir en una misma figura fotografías y dibujos.

-El tamaño máximo de las ilustraciones (incluidas las leyendas) es el del tamaño del formato del texto (caja), o sea 20 cm, (alto) x 14 cm (ancho); de ser mayores, para reducirlas, se debe respetar la misma proporción.

-También se aceptan medias láminas transversales y/o verticales, las que deben respetar el ancho del formato (caja). Indican las medidas mediante escalas.

-Las leyendas de las ilustraciones se anotan en hoja aparte, indicando el nombre del material ilustrado y su número de referencia.

-Las figuras deben ser montadas sobre cartón (apenas adheridas, para que puedan despegarse) y protegidas con papel transparente; en el dorso del soporte deben anotarse el número de la figura, el nombre del autor y el título abreviado del trabajo.

-Las ilustraciones originales deben ser

enviadas junto con la versión definitiva del manuscrito.

Énfasis en las tablas, cuadros, los mismos que deben ser realizados en Excel o afines.

9.Separados

Cada autor recibe el pdf; además, puede solicitar a su cargo un número adicional, en el formulario impreso que se le hará llegar junto con la aceptación del trabajo.

Dirigir correspondencia a:

Director

Revista ARNALDOA

Museo de Historia Natural y Cultural

Universidad Privada Antenor Orrego

Casilla Postal 1075

Av. América Sur 3145

Urb. Monserrate, Trujillo, PERÚ

Telf. +51 (044) 604462

Email: museo@upao.edu.pe

La Revista **ARNALDOA** correspondiente al segundo semestre
del año 2014, se terminó de imprimir el 15 de Enero del 2015
en los talleres gráficos de Inversiones Gráficas G&M S.A.C.,
Calle San Martín 674, Trujillo - Perú.
Teléfono 044 - 223347
littonseo4@hotmail.com

343 ***Onosma*** **(Boraginaceae) pollen interactions with *Bombus terrestris* (buff-tailed bumblebee) species in Jordan/Interacciones del polen de *Onosma* (Boraginaceae) con la especie *Bombus terrestris* (abejorro común) en Jordania**

S. AL-QURA'N

359 **Conservation of Plant Diversity in Azraq, North eastern of Jordan/Conservación de la Diversidad de Plantas en Azraq, en el Nor este de Jordania**

S. AL-QURA'N

367 **Influencia de la concentración de Zinc del agua de mar sobre su bioacumulación en *Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh) Kützing (Rhodophyta, Gigartinaceae) Puerto Malabrigo, Ascope, La Libertad/ Influence of Zinc concentration of seawater on its bioaccumulation in *Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh) Kützing (Rhodophyta, Gigartinaceae) Puerto Malabrigo, Ascope, La Libertad**

MARLENE RENÉ RODRÍGUEZ ESPEJO

381 **Cyanobacterial species, potentially forming water-blooms in the Lake Titicaca (Peru)/ Especies cianobacteriales, formadoras potenciales de floraciones en el lago Titicaca (Perú)**

HAYDÉE MONTOYA, JARKA KOMÁRKOVÁ & JIŘÍ KOMÁREK

391 **Análisis fitoquímico preliminar y evaluación de la actividad hipoglucemiante de *Rubus floribundus Kunth* (Rosaceae) "zarzamora" / Preliminary phytochemical analysis and evaluation of hypoglycemic activity of *Rubus floribundus Kunth* (Rosaceae) "blackberry"**

FREDY ROMEL PÉREZ AZAHUANCHE, JUANA DEL CARMEN GUERRERO HURTADO, ZOILA MERCEDES ORTIZ RUBIO, FERNANDO RODRÍGUEZ ÁVALOS & GUILLERMO LEÓN APONTE

Revista del Museo de Historia Natural y Cultural
ARNALDOA
UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

Volumen 21(2): julio - diciembre 2014

julio - diciembre 2014

CONTENIDO / CONTENTS

Pág. Artículos Originales

259 Una nueva especie de *Drypetes* Vahl. (Putranjivaceae) del Perú/A new species of *Drypetes* Vahl. (Putranjivaceae) from Peru
RODOLFO VÁSQUEZ MARTÍNEZ

265 *Browallia guzmangoa* y *Browallia longitubulata* (Solanaceae) dos nuevas especies del Norte del Perú/ *Browallia guzmangoa* and *Browallia longitubulata* (Solanaceae) two new species from Northern Peru
SEGUNDO LEIVA GONZÁLEZ

279 *Iochroma cachicadanum* (Solanaceae) una nueva especie del Norte del Perú/*Iochroma cachicadanum* (Solanaceae) a new species from Northern Peru
SEGUNDO LEIVA GONZÁLEZ

295 *Jaltomata athahuallapae* (Solanaceae) una nueva especie del Norte del Perú/*Jaltomata athahuallpae* (Solanaceae) a new species of from Northern Peru
SEGUNDO LEIVA GONZÁLEZ, THOMAS MIONE & LEON YACHER

305 Método alométrico para estimar el área foliar de "valeriana" (*Valeriana pilosa* Ruiz & Pav.) al estado silvestre/Allometric method for estimating leaf area of "valeriana" (*Valeriana pilosa* Ruiz & Pav.) in wild species
JOANNA M. ROJAS MURILLO & JUAN F. SEMINARIO CUNYA

317 Germinación de semilla botánica de *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell, utilizando cinco tratamientos pregerminativos/Germination of botanical seed of *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell, using five pre-germinatives treatments
EINSTEIN BRAVO CAMPOS

329 Efecto de diferentes concentraciones NPK y simbiosis con *Glomus intraradices*, sobre el contenido de proteínas solubles totales de *Plukenetia volubilis* L./ Effect of different NPK concentrations and *Glomus intraradices* symbiosis on the content of total soluble proteins in *Plukenetia volubilis* L.
J. E. MANUEL HIDALGO RODRÍGUEZ, CYNTHIA C. RAMOS OTINIANO & MERCEDES E. CHAMAN MEDINA

Continua en el interior de la cubierta / Continued on inside back cover

ARNALDOA

Volumen 21(2) 251 - 401 pp

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO · SCIENTIA ET HUMANITAS

UPAO
UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FONDO EDITORIAL